Die Thomasschlacke,

ihre Bedeutung und Anwendung als Düngemittel.

Von

Prof. Dr. **Paul Wagner,**

Vorstand der landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Mit Abbildungen in Photographiedruck und zwei lithographischen Tafeln.

Zweite durchgesehene und vermehrte Auflage.

Darmstadt.
C. F. Winter'sche Buchdruckerei.
1887.

Die Thomasschlacke,

ihre Bedeutung und Anwendung als Düngemittel.

Von

Prof. Dr. **Paul Wagner**,
Vorstand der landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Die Thomasschlacke,

ihre Bedeutung und Anwendung als Düngemittel.

Von

Prof. Dr. **Paul Wagner,**

Vorstand der landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Mit Abbildungen in Photographiedruck und zwei lithographischen Tafeln.

Zweite durchgesehene und vermehrte Auflage.

Darmstadt.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

1887.

Vorwort.

Keine andere Düngungsfrage ist zur Zeit von so großer Wichtigkeit und nationalökonomischer Bedeutung als die Frage der Thomasschlackendüngung.

Hat das Entphosphorungs-Verfahren von Gilchrist & Thomas eine neue Epoche in der Eisenindustrie hervorgerufen — kaum minder wird es von Einfluß sein auf eine Hebung der landwirthschaftlichen Produktion. Eine reichlich fließende und mit geringen Kosten auszubeutende Quelle wirksamer Phosphorsäure hat sich uns aufgethan. Nicht weniger als vier Millionen Centner Thomasschlacke liefern jährlich die deutschen Eisenwerke als Nebenprodukt jenes neuen Verfahrens, und der Preis, zu welchem dies Düngemittel den Landwirthen angeboten wird, ist niedrig genug, um einen gewaltigen Aufschwung im Phosphorsäureconsum erwarten zu lassen. Diese Steigerung des Consums aber wird zum Segen der Landwirthschaft sein. Phosphorsäure und Kali sind zwei Stoffe, welche den Landwirth in den Stand setzen, die Vegetation der stickstoffsammelnden Pflanzen, die Vegetation der Erbsen, der Klee- und Wickenarten, der stickstoffreichen Pflanzen der Wiesenflora 2c. in überraschendem Maße zu fördern, wodurch das Stickstoffkapital der Wirthschaft vermehrt wird und eine Steigerung der gesammten Bodenerträge entsteht. Phosphorsäure und Kali — rationell und am richtigen Platze angewandt — gehören zu denjenigen Produktionsmitteln der Landwirthschaft, welche die weitaus höchste Rente ergeben.

Ueber den relativen Düngewerth der Thomasschlacke, d. h. über das Werthverhältniß, in welchem die Phosphorsäure der Thomasschlacke zur Phosphorsäure anderer Düngemittel, insbesondere zum Superphosphat steht, haben Felddüngungsversuche keine irgend sicheren Anhaltspunkte ergeben. Sie können das auch nicht. Nur die wissenschaftlich genaue Methode

der Düngungsversuche ist im Stande, einen zuverlässigen und dem Bedürfniß des praktischen Landwirths genügenden Aufschluß darüber zu geben.

Ich habe unter Mitwirkung der Assistenten der hiesigen Versuchsstation, der Herren Dr. F. Becker, Dr. O. Dieffenbach, Dr. R. Dorsch und Dr. H. Weller, während der letzten drei Jahre über die Frage der Thomasschlackendüngung gearbeitet und theile in dieser Schrift die gewonnenen Resultate unserer Forschungen kurz mit. Sie werden, hoffe ich, dem Landwirth einen Dienst erweisen, denn die zur Zeit herrschende Unklarheit über die vorliegende Frage ist unglaublich groß.

Um dieser Unklarheit möglichst gründlich und erfolgreich entgegenzuwirken, habe ich in meinen Darlegungen zunächst den Weg angegeben, der meiner Ansicht und Erfahrung nach eingeschlagen werden mußte, um zum Ziel zu gelangen. Ich bin alsdann zu einer Prüfung der Resultate übergegangen, die man auf anderem Wege erhalten hat, und habe klarzulegen versucht, weßhalb auf letzterem Wege nur so wenig erreicht werden konnte. Alsdann habe ich die Ergebnisse meiner Forschungen folgen lassen, soweit sie nach sorgfältiger und kritischer Prüfung sich als genügend brauchbar erwiesen haben, um bestimmte und zuverlässige Anhaltspunkte über den Wirkungswerth der Thomasschlacke und über den zu beanspruchenden Feinheitsgrad derselben zu geben.

Bleibt auch noch manche wichtige Frage der Thomasschlackendüngung weiter zu bearbeiten, so hoffe ich doch, daß die in dieser Schrift niedergelegten Ergebnisse einstweilen genügen werden, um eine sichere Grundlage zur Beurtheilung des neuen Phosphates zu bieten und die Vortheile desselben klar erkennen zu lassen.

Darmstadt, im December 1886.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

1. Was ist Thomasschlacke?

Die Thomasschlacke ist ein bei der Verarbeitung des Roheisens entstehendes Nebenprodukt, welches viel phosphorsauren Kalk enthält.

Im Roheisen (Gußeisen) ist Phosphor enthalten; der Phosphor aber muß entfernt werden, wenn das Eisen zu Stahl oder Schmiedeeisen verarbeitet werden soll. Schon ein Gehalt von $^1/_4$% Phosphor macht das Schmiedeeisen „kaltbrüchig".

Die Reinigung des Roheisens von seinem Phosphorgehalt, welche früher große Schwierigkeit machte, gelingt jetzt in sehr befriedigender Weise durch eine Verbesserung des sogenannten „Bessemerprocesses", welche im Jahre 1879 den Engländern Gilchrist & Thomas patentirt wurde. Das Verfahren besteht wesentlich in Folgendem.

Geschmolzenes Roheisen wird in ein birnenförmiges, oben offenes, um seine horizontale Achse drehbares Gefäß („Converter" oder „Bessemerbirne") gegossen, dessen Boden siebartig durchlöchert ist und dessen Wandungen mit Kalksteinen ausgekleidet sind. Mittelst gewaltiger Gebläsemaschinen preßt man atmosphärische Luft durch den Siebboden der mit Eisen beschickten Birne; die Luft durchstreicht das flüssige Metall, dem man pro 100 Ctr. noch circa 20 Ctr. gebrannten Kalk zugefügt hat, und der in der Luft enthaltene Sauerstoff verbindet sich mit den Verunreinigungen des Roheisens: mit dem Mangan zu Manganoxyd, mit dem Silicium (Kiesel) zu Kieselsäure, mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure und endlich unter enormer Temperatursteigerung mit dem Phosphor zu Phosphorsäure.

Die entstandene Phosphorsäure vereinigt sich theils mit dem in der Converterauskleidung enthaltenen, theils mit dem noch extra der flüssigen Masse

zugefügten Kalk zu phosphorsaurem Kalk, und dieser geht mit Manganoxyd, Kieselsäure, Eisenoxyd und Eisenoxydul in die Schlacke über, welche auf der Oberfläche der Schmelze sich ansammelt. Ist der Proceß beendet — was man nach circa 15 Minuten langem Einblasen der Luft an dem Auftreten rother Eisendämpfe erkennt — so wird der Converter gekippt, die Schlacke fließt in untergeschobene Kastenwagen und wird in die Halde gefahren.

Diese Schlacke nennt man **Thomasschlacke.** Sie stellt schwarze, mit Eisentheilen untermischte, blasige Stücke von hohem specifischem Gewicht dar.

Unter Aussonderung der Eisentheile wird sie zerkleinert, gesiebt, feingemahlen und kommt als „Thomasschlackenmehl" oder „Thomasphosphatmehl" auf den Düngermarkt.

Im Mittel enthält das Schlackenmehl:

16 % Phosphorsäure,
50 „ Kalk,
12 „ Eisenoxyd und Eisenoxydul,
7 „ Kieselsäure.

Der Gehalt an Phosphorsäure kann zwischen 10 und 25 % schwanken.

Unter dem Namen „Patentphosphatmehl" wird ein Schlackenmehl in den Handel gebracht, welches aus „angereicherter" Thomasschlacke (Patent Scheibler) hergestellt ist, und 24—28 % Phosphorsäure enthält.

---

2. Kann die rohe feingemahlene Thomasschlacke als Düngemittel verwendet werden?

Vor zwei Jahren noch glaubte man diese Frage verneinen zu müssen, wenigstens hielt man es für sehr unwahrscheinlich, daß die in der Thomasschlacke enthaltene Phosphorsäure leichter löslich sein werde als die Phosphorsäure des unaufgeschlossenen Phosphoritmehls, welch' letzteres bekanntlich nur auf saurem Wiesenboden angewendet werden kann, auf Ackerboden aber so gut wie ganz unlöslich und unwirksam ist.

Ein näheres Studium der Eigenschaften des Thomasphosphatmehls jedoch hat diese Ansichten geändert, und — wie ich weiter unten nachweisen werde — es hat sich unwiderlegbar gezeigt, daß ein Aufschließen des Thomasphosphatmehls mit Säuren unrationell ist, denn das Thomasphosphat ist durch einfache Ueberführung in ein staubfeines Mehl zu einem so wirksamen Düngemittel zu machen, daß es schneller und intensiver zur Wirkung kommt als die im

gedämpften Knochenmehl und selbst im rohen Peruguano enthaltene Phosphorsäure. Den Nachweis hierfür werde ich weiter unten bringen.

Woher aber kommt das? Wie ist es zu erklären, daß ein bei der Weißglühhitze des geschmolzenen Eisens entstandenes Phosphat sich leichter im Boden zersetzt als der Phosphorit, der bei gewöhnlicher Temperatur entstanden ist? Weiß man es doch, wie viel das Superphosphat von seiner Löslichkeit, wie viel das gefällte Kalkphosphat von seiner leichten Zersetzbarkeit verliert, wenn genannte Düngemittel hohen Temperaturen ausgesetzt werden! Wie kann es ferner möglich sein, daß die Thomasschlacke, welche keine Spur von organischer Substanz enthält, schneller wirkt als der mit rasch faulender Leimsubstanz innig durchwachsene phosphorsaure Kalk des Knochenmehls oder gar als die Phosphorsäure des Peruguano? Ist denn die vielgerühmte lösende Wirkung der faulenden und verwesenden organischen Substanz im Knochenmehl und Peruguano etwa ganz unbegründet? Und wie soll es zu erklären sein, daß die so sehr kalkreiche Phosphorsäureverbindung, wie sie in der Thomasschlacke sich findet, besser wirkt als das kalkärmere Phosphat des Knochenmehls und des Guano? Ist es ja doch allgemein bekannt, daß ein Phosphat um so schwerer löslich ist, je mehr Kalk es in sich aufgenommen hat!

Wir scheinen hier vor einem unlösbaren Räthsel zu stehen. Doch das scheint nur so. Die Erklärung ist sehr einfach. Sie liegt in der ungewöhnlichen Verbindungsform, in welcher sich die Phosphorsäure in der Thomasschlacke findet.

Es ist ja zunächst ganz richtig, daß die Phosphorsäure um so schwieriger sich in Wasser löst und um so weniger leicht den Pflanzenwurzeln zugänglich ist, je mehr Kalk sie aufgenommen hat. Im Superphosphat kommen auf 100 ℔ Phosphorsäure nur **40** ℔ Kalk, das Superphosphat löst sich daher äußerst leicht schon in ganz wenig Wasser auf. Im „präcipitirten Kalkphosphat“ kommen auf die gleiche Menge Phosphorsäure **80** ℔ Kalk und es ist bekannt, daß die Löslichkeit dieses Phosphats eine weitaus geringere ist als die des Superphosphats. Im Knochenmehl, Phosphoritmehl und in den Guanophosphaten ist ein phosphorsaurer Kalk enthalten, der auf 100 ℔ Phosphorsäure **120** ℔ Kalk enthält und er ist bekanntlich nahezu unlöslich in Wasser. So vermindert sich also die Löslichkeit der Phosphorsäure mit dem zunehmenden Kalkgehalt. Und wie steht es nun mit der Thomasschlacke? Die Thomasschlacke enthält ein Phosphat, in welchem auf 100 ℔ Phosphorsäure nicht weniger als **160** ℔ Kalk kommen! Man sollte demnach annehmen, daß wir es hier mit einem durch Wasser, Salze und Säuren sehr schwer angreifbaren Phosphat zu thun

hätten. Dem ist aber nicht so. Es ist in diesem Phosphat eine Uebersättigung der Phosphorsäure mit Kalk eingetreten. Mit einem Ueberschuß von Kalk zusammengeschmolzen, haben 100 ℔ Phosphorsäure zwar **160** ℔ desselben aufgenommen und sich chemisch damit verbunden — aber die Verbindung ist keine starke. Die chemische Anziehungskraft der Phosphorsäure reicht nicht aus, eine so große Menge von Kalk sehr fest zu halten. Die Kohlensäure, die Humussäure, die Säure der Pflanzenwurzeln und allerlei lösend wirkende Salze des Bodens sind verhältnißmäßig leicht im Stande, der mit Kalk übersättigten Phosphorsäureverbindung der Thomasschlacke Kalk zu entziehen und dadurch eine Zersetzung des Phosphats herbeizuführen, bei welcher die Phosphorsäure leichtlöslich und aufnehmbar für die Pflanzenwurzeln wird.

Um die Thomasschlacke zu einem hinreichend schnell wirkenden Düngemittel zu verarbeiten, ist es nicht erforderlich, dieselbe mit Säure aufzuschließen, Superphosphat daraus herzustellen, oder sie mit Salzsäure zu extrahiren und den Auszug mit Kalk zu fällen, um sogenanntes „Thomaspräcipitat" zu erhalten. Schon das einfache Zermahlen der Thomasschlacke zu einem staubfeinen Düngemehl genügt vollkommen, um die Schlacke nutzbar für die Landwirthschaft zu machen.

3. Wie ist der Düngewerth der Thomasschlacke festzustellen?

Die deutschen Eisenwerke liefern jährlich circa 4 **Millionen Centner** Thomasschlacke. Dies Quantum Schlacke wird feingemahlen und den Landwirthen zu einem Preise angeboten, der fast nur ein **Drittheil** vom Preise des Superphosphats gleichen Phosphorsäuregehalts beträgt.

Hieraus ergiebt sich die hohe Wichtigkeit der Frage:

Welchen Düngewerth hat die Thomasschlacken-Phosphorsäure im Verhältniß zur Phosphorsäure des Superphosphats, und was kann der Landwirth für ein Kilo der ersteren bezahlen, wenn die Phosphorsäure im Superphosphat circa 50 Pfg. pro Kilo — wie augenblicklich der Fall — kostet? Dies muß der Landwirth natürlich wissen, um berechnen zu können, ob die Anwendung von Thomasmehl Vortheile bringt oder nicht.

Aber diese Frage ist nicht leicht zu beantworten, sie ist nur durch äußerst genaue Düngungsversuche — **nicht durch Felddüngungsversuche** — zu lösen, und bei der großen Unklarheit, welche zur Zeit über die Bedeutung der Felddüngungsversuche einerseits und der genauen wissenschaftlichen Düngungsversuche andererseits herrscht, glaube ich, die Grundlagen einer exakten Forschungs-

methode hier in aller Kürze mittheilen zu sollen, welche ich im Laufe der letzten zehn Jahre für eine zuverlässige Lösung praktisch wichtiger Düngungsfragen ausgebildet und in Anwendung gebracht habe.

Es scheint mir dies nothwendig zu sein, um dadurch zugleich die erforderlichen Anhaltspunkte zur Beurtheilung meiner weiter unten mitgetheilten Arbeiten zu geben. Ergebnisse von Düngungsversuchen und die aus ihnen gezogenen Schlüsse dürfen nicht ohne Weiteres als richtig und zuverlässig hingenommen werden; man muß untersuchen, ob die Fragestellung eine correcte war und ob die Antwort, welche man aus den Versuchsresultaten herausgelesen, eine richtige und thatsächlich so präcise und unumwundene war, als man sie angenommen hat. Auch der praktische Landwirth soll und muß sich ein selbständiges kritisches Urtheil über die Resultate wissenschaftlicher Forschung erwerben, damit er vor Täuschungen und Irrthümern sich bewahre.

Ich gehe sogleich zur Sache über.

An maßgebende Düngungsversuche stelle ich die folgenden zwölf Forderungen:

1. Der Grad der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Versuche muß aus ihren Resultaten klar und deutlich zu ersehen sein.

Diese Aufgabe wird dadurch erfüllt, daß man jeden einzelnen Versuch mindestens doppelt ausführt, damit man die Resultate der Parallelversuche durch Vergleichung prüfen kann, in wie weit sie untereinander übereinstimmen.

2. Es muß mit allen anwendbaren Mitteln der höchstmögliche Grad der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Versuche angestrebt werden. Die hauptsächlichsten Mittel, welche zu diesem Ziel führen, ergeben sich aus den folgenden Forderungen.

3. Alle Umstände, welche auf die Pflanzenentwickelung von Einfluß sein können, sind — so viel als irgend ausführbar — überall gleichzustellen.

Die physikalische und chemische Bodenbeschaffenheit, der Gehalt des Bodens an Nährstoffen und Feuchtigkeit, die Dichtigkeit des Bodens, die Vertheilung der Düngemittel im Boden, die Saatgutqualität, Saattiefe, Anzahl der Pflanzenindividuen, Entfernung der Pflanzen von einander, Licht, Wärme, Luftströmung 2c. sind Faktoren, welche die Pflanzenentwickelung beeinflussen; eine jede Ungleichheit derselben kommt in einer entsprechenden Ertragsdifferenz unter den Vergleichsparzellen zum Ausdruck und bewirkt somit einen Fehler. Es ist also dafür zu sorgen, daß die genannten Faktoren bei jedem Einzelversuch möglichst die gleichen sind, damit der Unterschied in den Erträgen verschieden gedüngter Parzellen einzig und allein durch den Unterschied in der Düngung hervorgebracht werde. Ein Rückschluß auf die Wirkung der Düngemittel ist sonst nicht berechtigt.

4. Es muß jeder Versuch so oft wiederholt werden, bis ein nahezu fehlerfreies Durchschnittsresultat erzielt worden ist. Führt man eine Reihe von Parallelversuchen — etwa 5 bis 10 derselben — aus, so gleichen sich die Plus- und Minusabweichungen vom wahren Mittel (die „Fehler" der Versuche) durch Addition aus, und man erhält ein der Wahrheit um so näher kommendes Mittelresultat, je mehr Einzelversuche ausgeführt worden sind.

5. Die Versuche sind so einzurichten, daß die zu prüfende Düngung möglichst hohe Mehrerträge gegen ungedüngt ergiebt, wodurch die Genauigkeit der Resultate vergrößert wird.

Gesetzt, der Fehler der Versuche betrage 1%. Das ist an sich eine sehr große Genauigkeit. Aber sie kann gering und zwar viel zu gering sein, sobald die Wirkung der Düngung, bezw. der Mehrertrag nicht groß genug ist. Beträgt z. B. der Ertrag bei ungedüngt 1000 Kilo, der Ertrag nach einer Düngung 1050 Kilo, so ist ein Fehler von 1% viel zu groß, denn er berechnet sich bei einem Ertrag von 1000 Kilo auf 10 Kilo, während der ganze Mehrertrag der Düngung nur 50 Kilo beträgt. Steigert man nun aber durch die Düngung den Ertrag von 1000 auf etwa 1500 Kilo, so daß also der Mehrertrag 500 Kilo beträgt, so macht ein Fehler von 1%, bezw. von 10 oder 15 Kilo so gut wie gar nichts aus.

Welche Mittel aber anzuwenden sind, um den durch die Düngung zu erzielenden Mehrertrag möglichst zu steigern, geben die folgenden Forderungen (6—9) an.

6. Man verwende einen Boden, welcher an dem zu prüfenden Nährstoff möglichst arm ist.

7. Man wähle eine Pflanze, welche ein hervorragendes Düngebedürfniß für den zu prüfenden Nährstoff hat.

8. Man wende den zu prüfenden Nährstoff in möglichst reichlicher Menge an.

9. Man suche bezüglich der übrigen Wachsthumsfaktoren (Feuchtigkeit, Nährstoffvorrath, Lockerheit des Bodens, Licht 2c.) möglichst die günstigsten Verhältnisse herzustellen.

10. Von demjenigen Nährstoff, dessen Wirkung durch den Versuch geprüft werden soll, darf kein unwirksam bleibender Ueberschuß gegeben werden, oder — was dasselbe ist — es müssen alle übrigen Wachsthumsfaktoren während der ganzen Dauer der Vegetation im relativen Ueberschuß vorhanden sein.

Gesetzt, eine Düngung von 15 Kilo löslicher Phosphorsäure habe einen Mehrertrag von 150 Kilo, eine Düngung von 15 Kilo unlöslicher Phosphorsäure dagegen einen Mehrertrag von nur 75 Kilo ergeben — ist man

alsdann zu schließen berechtigt, daß die lösliche Phosphorsäure doppelt so wirksam sei als die unlösliche? Nein, man hat dazu gar keine Berechtigung; der Schluß kann ganz und gar falsch sein. Wenn man nach einer Düngung von 15 Kilo löslicher Phosphorsäure einen Mehrertrag von 150 Kilo Erntemasse erhalten hat, so ist damit noch nicht gesagt, daß die 15 Kilo Phosphorsäure in ganzer Menge nöthig waren, um die 150 Kilo Mehrertrag hervorzubringen, es liegt vielmehr die Möglichkeit vor, daß man durch etwa 10 Kilo löslicher Phosphorsäure schon den gleichen Mehrertrag erhalten hätte. Eine überschüssige Menge von Phosphorsäure kann in jener Düngung gegeben worden sein, und die erhaltenen Ertragsziffern bieten alsdann keinen der Wahrheit entsprechenden Ausdruck für das Werthverhältniß der beiden Phosphorsäureverbindungen. Es ist eine der allerwichtigsten Aufgaben des Versuchsanstellers, dafür zu sorgen, daß im Verhältniß des zu prüfenden Nährstoffs alle übrigen Ertragsfaktoren im Ueberschuß vorhanden sind, damit ersterer zur vollen Wirkung kommen kann. Nun fragt es sich, wie eine Prüfung anzustellen ist, ob im speciellen Fall ein solcher Ueberschuß thatsächlich vorhanden gewesen ist, bezw. ob das zu prüfende Düngemittel zu voller Wirkung gekommen ist oder nicht. Hierauf giebt die folgende Forderung eine Antwort.

11. Man wende den zu prüfenden Nährstoff in steigenden Mengen an und ziehe die erhaltenen Resultate nur soweit zum Vergleich, als die Zunahme des Mehrertrags mit der steigenden Düngung gleichen Schritt gehalten hat.

Angenommen, steigende Düngungen von 5, 10, 15, 20, 25 Kilo unlöslicher Phosphorsäure haben Mehrerträge von 25, 50, 75, 100, 125 Kilo ergeben, während die gleichen Mengen löslicher Phosphorsäure Mehrerträge von 50, 100, 150, 160, 160 Kilo ergeben haben, so sieht man auf den ersten Blick, daß bei der unlöslichen Phosphorsäure die Erträge stets gleichen Schritt mit der zunehmenden Düngung gehalten haben; je 5 Kilo Phosphorsäure haben überall eine Ertragszunahme von 25 Kilo bewirkt, während dagegen bei den Düngungen mit löslicher Phosphorsäure nur bis zur dritten Düngung (15 Kilo) eine regelmäßige Zunahme des Ertrags (um je 50 Kilo) stattgefunden hat. Mit der vierten Düngung (welche nur 160 Kilo anstatt 200 Kilo Ertrag bewirkt hat) ist schon eine nicht zur Wirkung gekommene Menge, also ein Ueberschuß von Phosphorsäure gegeben worden, weßhalb die Resultate der vierten und fünften Düngung verworfen werden müssen und nur die bei der ersten, zweiten und dritten Düngung erhaltenen zum Vergleich gezogen werden dürfen.

Düngungsversuche, bei welchen das zu prüfende Düngemittel nicht in verschiedenen Mengen zur Anwendung gekommen ist, geben keine zuverlässigen Resultate.

12. Die Düngungsversuche müssen so angelegt sein, daß der Ertragsunterschied zwischen zwei miteinander zu vergleichenden Düngungen nicht durch mehrere, sondern nur durch den einen speciell zu prüfenden Bestandtheil des Düngemittels hervorgerufen sein kann.

Ist es zum Beispiel Aufgabe, den Wirkungswerth der Knochenmehl-Phosphorsäure im Verhältniß zur Superphosphat-Phosphorsäure festzustellen, so hat man zu berücksichtigen, daß außer Phosphorsäure im Knochenmehl Stickstoff und im Superphosphat Gyps enthalten ist. Der Stickstoff aber kann eine Wirkung ausüben und der Gyps unter Umständen ebenfalls, so daß die erzielten Mehrerträge nicht ausschließlich durch die Phosphorsäure, sondern zum Theil durch die weiteren Bestandtheile der Düngemittel hervorgerufen sein können. Soll also nur die Wirkung der Phosphorsäure zum Ausdruck kommen — und das ist ja nothwendig —, so muß der Stickstoff- und Gypsgehalt der Düngemittel unwirksam gemacht werden. Und wie geschieht dies? Einfach dadurch, daß man bei allen zum Vergleich dienenden Versuchen einen Ueberschuß von ihnen giebt. Hat man einen Ueberschuß von Stickstoff und Gyps in den Boden gebracht, so kann man Parzellen des Bodens einerseits mit Superphosphat, andererseits mit Knochenmehl düngen, um die Wirkung der in diesen Düngemitteln enthaltenen Phosphorsäure gegeneinander zu vergleichen; es wird in den Mehrerträgen nur die Phosphorsäurewirkung zum Ausdruck kommen, denn Stickstoff und Gyps können nicht da wirken, wo schon ein Ueberschuß von ihnen vorhanden ist.

Damit hätte ich nun die wesentlichsten Forderungen, welche meines Erachtens an Düngungsversuche von wissenschaftlichem Werth zu stellen sind und welche ich zugleich als die Grundlagen der von mir befolgten Methode bezeichnen kann, kurz angedeutet. Es bleibt jetzt zu überlegen, wie man die praktische Ausführung der Düngungsversuche gestalten soll, um diesen Forderungen am vollkommensten und bequemsten Rechnung zu tragen.

Ich frage zunächst: kann der Felddüngungsversuch so ausgeführt werden, daß er jenen zwölf Forderungen entspricht? Nein, das ist nicht möglich. Der Felddüngungsversuch kann nicht zu einem wissenschaftlichen Forschungsmittel werden, seine Resultate geben keine klare Antwort, und weil man geglaubt hat, aus seinen Ergebnissen allgemeine Schlüsse ziehen zu dürfen, ist man vielfach in große Irrthümer gerathen.

Zunächst und insbesondere ist schon die große Anzahl der nothwendigen Einzelversuche eine Forderung, welcher der Felddüngungsversuch nicht nachkommen kann. Rechnen wir nur einmal, wie viel Versuche nothwendig sind, um

eine ganz einfache Düngungsfrage zu beantworten. Angenommen, es soll festgestellt werden, in welchem Werthverhältniß die Phosphorsäure des Thomaspräcipitats, ferner die des gröberen und feineren Thomasphosphatmehls, des Knochenmehls und des rohen Peruguano zur löslichen Phosphorsäure des Superphosphates stehen. Die Versuche sind zweckmäßig mit mindestens zwei verschiedenen Kulturpflanzen und zwei verschiedenen Bodenarten auszuführen. Von jedem Versuch sind etwa drei Parallelparzellen anzulegen und die Phosphorsäure ist in vier verschiedenen Mengen zu geben. Rechnen wir nun, wieviel Einzelversuche daraus entstehen. Wir haben sechs verschiedene Phosphate, die in vier verschiedenen Mengen gegeben werden sollen, das macht 24 Versuche mal je 3 Parallelversuche = 72, dazu etwa 5 Versuche ohne Phosphorsäuredüngung = 77 Versuche mal 2 Pflanzen = 154 Versuche mal 2 Bodenarten = **308** Versuche.

Eine so große Anzahl von Felddüngungsversuchen auszuführen, ist natürlich absolut unmöglich. Aber selbst hiervon ganz abgesehen, treten die größten Schwierigkeiten und Hindernisse auf. Ich will einige derselben nennen.

1. Ein so gleichmäßig beschaffenes Feldstück, daß Parzellen desselben bei gleichartiger Bestellung annähernd gleiche Erträge liefern, ist ungemein schwer zu finden.

2. Das Ausmessen und Abstecken der Parzellen, die Bearbeitung, Düngung, Einsaat und Aberntung einer jeden einzelnen Parzelle, sowie die Feststellung des Erntegewichts sind Arbeiten, die sehr große Fehlerquellen in sich schließen und deren exakte Ausführung unmöglich ist.

3. Weitere unvermeidliche Fehler entstehen durch die Beschädigung der Pflanzen durch Insekten, Maulwürfe, Mäuse, Vögel, ungünstige Witterung &c.

4. Die *Mehrerträge*, welche man durch die Düngungen erhält, sind im *Verhältniß* zu den *Fehlern* der *Versuche* in der Regel viel *zu gering*.

5. Der Forderung: Verwendung eines an dem zu prüfenden Nährstoff möglichst *armen* Bodens und Herstellung eines genügenden Ueberschusses aller übrigen Wachsthumsfaktoren, insbesondere der Feuchtigkeit des Bodens, des Vegetationsraumes der Pflanzen, des Lichtes, des Ueberschusses aller außer dem zu prüfenden Düngemittel nothwendigen Nährstoffe &c. ist bei Felddüngungsversuchen nicht nachzukommen.

6. Der Forderung, daß die Ertragsdifferenz zwischen zwei Versuchen nicht durch mehrere, sondern nur durch den *einen* speciell zu prüfenden Vegetationsfaktor hervorgerufen werden darf, ist ebenfalls beim Felddüngungsversuch nicht nachzukommen. Soll z. B. der Einfluß festgestellt werden, welchen unter sonst

gleichen Verhältnissen die Eigenschaften eines Thonbodens im Vergleich zu den Eigenschaften eines Sandbodens auf die Wirkung des Düngemittels haben, so ist diese Aufgabe durch den Felddüngungsversuch schon deßhalb nicht zu lösen, weil Sandboden und Thonboden nicht so nahe bei einander anzutreffen sind, daß sie unter gleichen Witterungsverhältnissen sich befinden. Ist letzteres aber nicht der Fall, so ist die Differenz zwischen den Erträgen des Thonbodens und denen des Sandbodens zum Theil durch die Ungleichheit der Witterung, zum anderen Theil durch die Bodenunterschiede hervorgerufen und es bleibt unbekannt, wie groß der Antheil der Witterung und wie groß der Antheil der Bodenbeschaffenheit gewesen ist.

Der Felddüngungsversuch ist nicht im Stande, Düngungsfragen von allgemeiner Bedeutung in zuverlässiger und den Anforderungen des Landwirths genügender Weise zu lösen, er hat meiner Auffassung nach nur die Aufgabe, die von **lokalen**, von rein **örtlichen** Verhältnissen des Bodens, der Wirthschaft und des Klimas abhängige Wirkung der Düngungen zu beantworten. Klarheit schaffen auf dem gesammten Gebiet der Düngungslehre, Aufklärung schaffen über das „specifische Düngebedürfniß" einer jeden einzelnen Pflanzenart, über die specifische Wirkung der verschiedenen Nährstoffe auf die qualitative und quantitative Entwickelung der Kulturpflanzen; Aufklärung über den Einfluß der Witterung, der Bodenbeschaffenheit, der Bodenzusammensetzung, des Bodengehaltes an Nährstoffen, des wechselnden Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens ꝛc. auf die Wirkung eines jeden Düngemittels; Aufklärung über die Abhängigkeit solcher Wirkung von der chemischen Verbindungsform, dem Löslichkeitszustande, dem Vertheilungsgrade der Pflanzennährstoffe u. s. f.: das alles kann der Felddüngungsversuch des praktischen Landwirths nicht — nur die exakte wissenschaftliche Methode, nur der „wissenschaftliche Düngungsversuch" in engster Verbindung mit der chemischen Analyse und mit ergänzenden physikalischen und chemischen Experimenten ist im Stande, jene Aufgaben zu lösen. Unter einem „wissenschaftlichen Düngungsversuch" aber verstehe ich einen unter Berücksichtigung obengenannter zwölf Forderungen angelegten und mit allen Hilfsmitteln der Wissenschaft durchgeführten Versuch, dessen Resultate kritisch geprüft, durch umfassende Controle sicher gestellt und durch genügende Wiederholung unter eventueller Variirung der Verhältnisse bestätigt worden sind.

Es fragt sich nun: wie ist ein „wissenschaftlicher Düngungsversuch" auszuführen?

Ich will mich, nachdem die theoretischen Forderungen, welche man an einen wissenschaftlichen Düngungsversuch zu stellen hat, in ihren Umrissen dargelegt

worden sind, auf ganz kurze Andeutungen über die praktische Ausführung der Versuche beschränken.

Bei jedem wissenschaftlichen Experiment ist es Grundbedingung, daß man alle Verhältnisse, die auf das Resultat des Versuchs von Einfluß sein können, beherrschen muß. Der Düngungsversuch auf großen — wenn auch nur ein paar Hundert Quadratmeter großen — Parzellen gestattet aber solche Beherrschung nicht; der Versuchsansteller kann nicht eingreifen in die Einflüsse, denen die Pflanzen ausgesetzt sind, er kann weder ungünstige Einflüsse beseitigen, noch günstige herstellen, noch eine Ausgleichung derselben vornehmen, er muß vielmehr den Versuch allen möglichen Zufälligkeiten, den Launen der Witterung, der Pflanzenfeinde und allerlei freß- und zerstörungslustiger Thiere überlassen.

Die Dimensionen des Felddüngungsversuchs sind zu groß, um eine exakte Behandlung desselben zu ermöglichen; stellt man den Versuch in kleinen Verhältnissen an, so ist es leicht, alle auf die Entwickelung der Pflanzen einen Einfluß übenden Faktoren zu beherrschen. Die Versuche müssen in kleinem Maßstabe ausgeführt werden, dann können ihre Resultate genau und zuverlässig sein.

Ich wende für meine Versuche je nach der Frage, welche beantwortet werden soll, verschiedene Vorrichtungen an. Zum Theil verwende ich oben und unten offene Cylinder (von 133 Centimeter Höhe und 60—100 Centimeter Durchmesser) aus Zinkblech, die bis an den Rand in die Erde gegraben und mit der für die Versuche zu benutzenden Erde gefüllt sind. Der von einem solchen Cylinder umschlossene Boden stellt eine Parzelle dar, welche sich von den bei Felddüngungsversuchen üblichen dadurch unterscheidet, daß sie sehr klein ist und in jeder Beziehung eine exakte Ausführung der Versuche zuläßt. Der Boden (aus sorgfältig gemischter Erde bestehend) ist bei jedem Versuch vollkommen der gleiche, ebenso ist die Schichtung der Erde, die Tiefe der Krume, die Quantität und Vertheilung der Düngung, das Saatgut, die Tiefe der Einsaat, die Anzahl der Pflanzen, die Entfernung der Pflanzen von einander u. s. w. überall gleichzustellen. Die Parzellen sind bis zu einer Tiefe von 133 Centimeter mit absoluter Vollkommenheit abgegrenzt gegen den umliegenden Boden, sie können mit jeder beliebigen Erde ausgefüllt werden und aus jedem gewünschten Material kann man den Untergrund herstellen. Sind die Versuche beendet, so kann man — falls nicht etwa die Nachwirkung der Düngungen durch weitere Kulturen auf dem gleichen Boden constatirt werden soll — die Erde ausheben, neues Bodenmaterial einfüllen und sofort eine andere Versuchsreihe beginnen lassen. Durch anhaltende Dürre (wodurch so viele Feldversuche verunglücken) können die Versuche nicht Noth leiden, weil man den Parzellen — falls es

nöthig ist — Wasser zuführen kann. Gegen Vögel, Mäuse ꝛc. sind die Pflanzen zu schützen, auch Blattläuse, Raupen ꝛc. lassen sich vertilgen, gegen Pilzkrankheiten kann man Mittel anwenden, kurz — in jeder Beziehung kann man den Bestand einer Parzelle vor Beschädigung schützen, auch ohne jeden Verlust und mit großer Genauigkeit den Ernteertrag ermitteln. Da man eine große Anzahl solcher Parzellen auf kleinem Raum neben einander liegen hat, so ist man zugleich im Stande, die verschiedensten Bodenarten unter absolut gleichen Witterungsverhältnissen zu prüfen, also Düngungsfragen zu lösen, die man — selbst ganz abgesehen von allen Fehlerquellen ꝛc. — durch Feldversuche überhaupt nicht bearbeiten kann. Auch eine weitere große Anzahl von Düngungsfragen, deren Lösung durch den Feldversuch unmöglich ist, wie z. B. die Abhängigkeit der Vegetation, bezw. der Düngewirkung von Untergrundverhältnissen, die Einflüsse des Vertheilungsgrades der Düngung, der Tiefe der gedüngten Schicht u. s. w. auf den Ertrag lassen sich durch Versuche auf den in Rede stehenden Parzellen lösen. Und wenn ich nun endlich noch hervorhebe, daß die Ausführung der Versuche eine ganz unvergleichlich viel bequemere und schnellere ist als die der Feldversuche, eine genügende Anzahl von Parallelparzellen daher ohne jede Schwierigkeit angelegt werden kann, so wird man mir beistimmen, wenn ich dieser Methode sehr bedeutende Erfolge auf dem Forschungsgebiet der Düngungslehre voraussage.

Ich will nur noch anfügen, daß ich außer den erwähnten in die Erde gegrabenen Cylindern auch freistehende Blechgefäße verschiedener Construction und von verschiedener Größe (sie halten circa 8 Kilo, 20 Kilo und 350 Kilo Erde) für die Versuche verwende. Die größten dieser Gefäße ruhen auf Rollen und können auf einem Schienengeleis bewegt werden. Die kleineren stehen auf je 4 Meter langen Wagen, die auf Eisenbahnschienen ruhen und bei stürmischem Wetter oder anhaltendem Regen oder Aussicht auf Nachtfrost in eine Glashalle gefahren werden können. Zur Zeit stehen mir 650 solcher Gefäße und 260 Cylinderparzellen zur Verfügung.

Beide Versuchsvorrichtungen, Gefäße und Cylinderparzellen, ergänzen sich. Für Versuche, bei welchen die natürliche Circulation des Wassers im Boden, die Möglichkeit eines eventuellen Versickerns von Nährstoffen in Untergrundschichten ꝛc. vorhanden sein muß, wie beispielsweise bei Versuchen über die Nachwirkung der Düngungen, bei Versuchen über die Fragen der Herbststickstoffdüngung ꝛc., dienen die Cylinderparzellen. Bei Versuchen dagegen, wo ein Versickern von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten ausgeschlossen sein muß und namentlich der Faktor Wasser beherrscht sein soll, bieten wiederum die freistehenden Gefäße die allein brauchbare Versuchseinrichtung.

Bezüglich alles Näheren über die Ausführung der Versuche verweise ich auf eine demnächst an anderem Ort von mir zu publicirende umfänglichere Mittheilung; es war hier nur meine Absicht, auch diejenigen Landwirthe, welche sich nicht die Zeit nehmen können, größere wissenschaftliche Abhandlungen zu studiren, wenigstens mit den Hauptgrundlagen meiner Methode bekannt zu machen, um ihnen ein Urtheil über meine Versuche zu ermöglichen.

---

4. Was haben Felddüngungsversuche über den Düngewerth der Thomasschlacke ergeben?

Im voraufgegangenen Abschnitt habe ich es darzulegen versucht, daß der Felddüngungsversuch nicht im Stande sei, den Düngewerth der Thomasschlacke im Verhältniß zum Superphosphat oder einem anderen Phosphorsäuredüngemittel zuverlässig festzustellen.

Ich werde jetzt an den Resultaten der bislang ausgeführten Versuche zeigen, daß meine Darlegungen auch eine thatsächliche Bestätigung finden.

Zunächst führe ich die weitaus beachtenswerthesten dieser Versuche an: eine Anzahl von nicht weniger als 90 Einzelversuchen aus dem Jahr 1885 und von 75 Einzelversuchen aus dem Jahre 1886 (Nachwirkung), welche von M. Fleischer und Rimpau-Cunrau auf Moordämmen älterer und jüngerer Herstellung ausgeführt wurden. Der von Fleischer aufgestellte Plan für diese Versuche ist vollkommen übersichtlich und zweckentsprechend, während zugleich der Name Rimpau dafür bürgt, daß die möglichste Sorgfalt bei der Ausführung der Versuche angewendet worden ist.

Die Versuche bestanden aus:

1) 3 Parallelparzellen ohne Phosphorsäuredüngung,

2) 2	„	mit **50** Kilo Phosphorsäure pro ha		in Form von **präcipitirtem Kalkphosphat,**
3) 2	„	„ **80**	„ „ „ „	
4) 2	„	„ **110**	„ „ „ „	
5) 2	„	„ **50**	„ „ „ „	in Form von gemahlener **Thomasschlacke.**
6) 2	„	„ **80**	„ „ „ „	
7) 2	„	„ **110**	„ „ „ „	

Sämmtliche Parzellen erhielten zugleich eine Grunddüngung von 600 Kilo Kainit pro ha.

Diese Versuche wurden mit Hafer, Gerste und Kartoffeln im Jahre 1885, sowie mit Klee und Hafer (zur Feststellung der Nachwirkung) im

Jahre 1886 einerseits auf einem „jüngeren Damm" (1882 angelegt), andererseits auf einem „älteren Damm" (1868 angelegt) ausgeführt.

Die auf dem älteren Damm erhaltenen Versuchsresultate ergaben eine gänzliche Wirkungslosigkeit der Phosphorsäuredüngung. Von 30 Mittelergebnissen überschritten nur 12 den bei phosphorsäurefreier Düngung erhaltenen Ertrag und auch eine Nachwirkung im darauffolgenden Jahr war nicht zu constatiren, indem von 18 Mittelresultaten nur 7 einen Mehrertrag gegen phosphorsäurefreie Düngung aufwiesen.

Berechnet man das Mittel aus sämmtlichen auf dem älteren Damm ausgeführten Versuchen, so gleichen die nach Präcipitat- und Thomasschlackendüngung erhaltenen Erträge sich soweit unter einander aus, daß sie denjenigen vollkommen gleich sind, welche ohne Phosphorsäuredüngung erhalten wurden.

Die Versuche auf dem älteren Damm haben also nichts weiter ergeben, als daß unter den obwaltenden Verhältnissen eine Phosphorsäuredüngung absolut unwirksam war. Es bleiben nun noch die auf dem jüngeren Damm ausgeführten Versuche.

Berechnet man die procentischen Plus- und Minuserträge, d. h. berechnet man, um wieviel die bei Phosphorsäuredüngung erzielten Erträge gegen die bei ungedüngt erhaltenen abweichen, wenn man letztere gleich 100 setzt, so erhält man die in folgender Tabelle zusammengestellten Zahlen.

Resultate der Versuche auf dem jüngeren Damm.

		Düngung mit **Präcipitat.** Phosphorsäure pro ha in Kilo: **50.**	**80.**	**110.**	Düngung mit **Thomasschlacke.** Phosphorsäure pro ha in Kilo: **50.**	**80.**	**110.**
		Abweichung von ungedüngt in %:			Abweichung von ungedüngt in %:		
Hafer	Körner	—5	22	27	18	17	23
		15	0	21	—7	10	8
	Stroh	2	16	15	4	11	15
		12	—3	21	13	18	15
Gerste	Körner	8	7	13	14	—7	15
		5	8	34	4	11	4
	Stroh	11	9	0	9	8	6
		—1	11	17	2	12	1
Kartoffeln		7	4	15	10	7	8
		5	11	11	4	8	8
	Mittel	**6 %**	**8 %**	**17 %**	**7 %**	**9 %**	**10 %**

Nachwirkung im darauffolgenden Jahr:

	Düngung mit Präcipitat. Phosphorsäure pro ha in Kilo: 50.	80.	110.	Thomasschlacke. Phosphorsäure pro ha in Kilo: 50.	80.	110.
Klee (Vorfrucht Hafer) . .	19	40	24	22	28	30
Klee (Vorfrucht Gerste) . .	36	33	26	50	34	21
Hafer (Vorfrucht Kartoffeln) Körner .	6	14	9	16	11	6
Hafer (Vorfrucht Kartoffeln) Stroh .	—6	19	10	20	24	9
Mittel	**14 %**	**26 %**	**17 %**	**27 %**	**24 %**	**16 %**

Einen sehr bequemen Ueberblick über die Resultate der Versuchsreihe erhält man, wenn die Erträge nicht durch Zahlen, sondern durch Linien von entsprechender Länge dargestellt werden. Eine solche Darstellung der im Jahre 1885 auf dem jüngeren Damm erzielten Resultate habe ich auf Tafel 1 (dem Text angehängt) gegeben.

Die bei ungedüngt erhaltenen Erträge sind mit rothen Linien bezeichnet, gleichwie die rothe Querlinie, welche die Erträge durchschneidet, das Mittel von ungedüngt angiebt und sofort erkennen läßt, um wieviel die bei Phosphorsäuredüngung erzielten Erträge von ungedüngt abweichen.

Betrachten wir jetzt die Resultate. Ich habe oben behauptet, daß es nicht möglich sei, den Düngewerth der Thomasschlacke im Verhältniß zu einem anderen Phosphorsäuredünger durch den Feldversuch festzustellen und ich glaube, die Richtigkeit meiner Behauptung wird durch die vorliegenden Resultate in anschaulicher Weise illustrirt. Ich hebe besonders die folgenden Momente hervor.

1. Auf S. 5 habe ich die Forderung gestellt: der Grad der Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Versuchs muß aus seinen Resultaten klar zu ersehen sein und diese Aufgabe ist dadurch zu erfüllen, daß man jeden Einzelversuch mindestens doppelt ausführt.

Dieser Forderung ist bei den vorliegenden Versuchen Rechnung getragen, und man sieht aus einer Vergleichung der Parallelversuche vollkommen klar, in welch hohem Grade ungenau und unzuverlässig die Resultate sind.

Unter 30 Versuchen finden sich 2 Versuche, bei welchen der Mehrertrag des einen Versuchs **zweimal** so groß ist als derjenige des Parallelversuchs. Bei 5 weiteren Versuchen ist der Mehrertrag **dreimal** so groß, bei 4 Versuchen **vier** bis **sechs**mal so groß, und bei 5 Versuchen gar **elf** bis **fünfundzwanzig**mal so groß als bei dem betreffenden Parallelversuche.

Diese enormen Differenzen bestätigen wohl zur Genüge meine auf S. 19 ausgesprochene Behauptung, in welcher ich sagte: Die Mehrerträge, welche man bei Feldversuchen erzielt, sind im Verhältniß zu den Fehlern der Versuche in der Regel viel zu gering.

2. Auf S. 7 stellte ich den Satz auf: „man wende den zu prüfenden Nährstoff in steigenden Mengen an und ziehe die erhaltenen Resultate nur soweit zum Vergleich, als die Zunahme des Mehrertrags mit der steigenden Düngung gleichen Schritt gehalten hat". Auch dieser Forderung ist Rechnung getragen, die Düngung wurde zu 50, 80 und 110 Kilo Phosphorsäure pro ha gegeben. Und welchen Nutzen hat die Befolgung dieser Forderung gehabt? Einen sehr großen, denn sie hat die gänzliche Unbrauchbarkeit sämmtlicher Zahlen mit Zuverlässigkeit nachgewiesen und Täuschungen vorgebeugt.

Bei keiner einzigen Versuchsreihe ergiebt sich eine der steigenden Düngung entsprechende Ertragsvermehrung, es treten die größten Unregelmäßigkeiten auf, und die bei einer Düngung von 80 und 110 Kilo Phosphorsäure erzielten Erträge geben keine Garantie dafür, daß die bei der schwächsten Düngung (50 Kilo) gegebene Phosphorsäure voll zur Wirkung gekommen ist. Damit aber fällt die Brauchbarkeit sämmtlicher Zahlen, denn der auf S. 7 unter 10 und 11 von mir geforderte Nachweis, daß das gegebene Düngerquantum in ganzer Menge nöthig war, um den erzielten Mehrertrag zu erzeugen; in der gegebenen Düngung also keine überflüssige Menge von Nährstoff gegeben war: ist eine der wichtigsten von allen, welche ich aufgestellt habe.

Als positives Resultat haben die so sehr umfassenden und mühevollen Versuche von Fleischer und Rimpau nichts weiter ergeben, als daß sowohl der ältere Damm als auch der jüngere relativ zu reich an Phosphorsäure war, um zur Lösung der aufgestellten Frage irgend brauchbare Zahlen gewinnen zu lassen. Ueber das Werthverhältniß zwischen Präcipitat und Thomasschlacke ist kein Aufschluß erhalten worden. Nicht einmal die durch die Nachwirkung der Phosphorsäure erzielten Mehrerträge sind untereinander vergleichbar, denn wenn man sagen wollte: 50 Kilo Präcipitatphosphorsäure haben als Nachwirkung im zweiten Jahr einen Mehrertrag von nur **14**%, 50 kg Schlackenphosphorsäure dagegen einen Mehrertrag von **27**% hervorgebracht, so frage ich: woher kommt es denn aber, daß die Nachwirkung einer Düngung von 110 Kilo Schlackenphosphorsäure auf dem nämlichen Boden nur **16**% Mehrertrag hervorgebracht hat?

Die Widersprüche unter den Resultaten sind so groß, daß es nicht möglich ist, irgend einen Schluß zu ziehen. Die Versuchsansteller trifft deßwegen natürlich kein Vorwurf. Wie bereits erwähnt, sind die Versuche durch=

aus rationell angelegt und jedenfalls so sorgfältig als möglich ausgeführt worden. Indirekt haben sie ja auch einen großen Werth, denn zur Beurtheilung dessen, was man durch den Feldversuch überhaupt erreichen kann und wie derselbe angelegt werden muß, um die Tauglichkeit oder Untauglichkeit seiner Resultate sofort zu erkennen und nicht in ein Gewirr von Irrthümern geführt zu werden, liefern sie eine sehr werthvolle Illustration und sie bestätigen das, was ich bereits so oft und eingehend über die Mangelhaftigkeit der Felddüngungsversuche gesagt habe.

Werfen wir jetzt einen Blick auf die Resultate der weiter noch vorliegenden Felddüngungsversuche, welche man zur Ermittelung des Düngewerthes der Thomasschlacke ausgeführt hat.

1. Wiesendüngungsversuche der Moorversuchsstation Bremen.[1]

a) Die Versuche wurden auf einer Niederungsmoorwiese (Kreis Diepholz) in vier verschiedenen Lagen ausgeführt. Grunddüngung: 1250 Kilo Kainit pro ha. Differenzdüngung: 186 Kilo Phosphorsäure in Form von Präcipitat und andererseits 112 1/2 Kilo Phosphorsäure in Form von Thomasschlacke. Im Vergleich zu dem bei 0 Phosphorsäure erzielten Ertrag wurde durch die Phosphorsäuredüngung mehr geerntet:

	Präcipitat:	Thomasschlacke:
Versuch 1.	41 %	33 % Mehrertrag,
„ 2.	9 „	21 „ „
„ 3.	35 „	4 „ „
„ 4.	19 „	41 „ „ .

Diese Resultate sind nicht brauchbar, denn wenn bei den Versuchen 2 und 4 die Thomasschlacke mehr als doppelt so gut gewirkt hat als das Präcipitat, auf der Parzelle 3 dagegen das Präcipitat **acht** mal so gut als die Thomasschlacke, so sind das Widersprüche, die groß genug sind, um sämmtliche Zahlen als unbrauchbar verwerfen zu müssen.

b) Zwei weitere Versuche wurden auf einer Niederungsmoorwiese von „mäßiger Güte“ ausgeführt. Die Differenzdüngung betrug 150 Kilo Phosphorsäure pro ha in gefälltem Kalkphosphat einerseits und in Thomasschlacke andererseits. Das gefällte Phosphat lieferte **67** %, die Thomasschlacke ebenfalls **67** % Mehrertrag gegen ungedüngt.

Auch diese Versuche geben keinen Aufschluß über den relativen Werth der Thomasschlacke, weil sie die Forderungen 1, 10 und 11 (S. 5 u. 6) unberücksichtigt

[1] Fleischer, Die Entphosphorung des Eisens ꝛc. Berlin 1885.

gelassen haben. Es fehlen Parallelversuche und es fehlt der Nachweis, daß das gewählte Düngerquantum in ganzer Menge nothwendig war, um die erzielten Mehrerträge zu erhalten.

2. Wiesendüngungsversuche von Schröder-Sehnsen.[1]

Die Versuche wurden auf Moorwiesen ausgeführt. Gegen 0 Phosphorsäure erhielt man:

durch	40 Kilo Phosphorsäure in Form von	Superphosphat:	**69** %	Mehrertrag,
„	120 „ „ „ „ „	Thomasschlacke:	**78** „	„ .

Es fehlen Controlparzellen und der Nachweis, daß die Phosphorsäure zu voller Wirkung gekommen ist (s. Forderungen 10 und 11, S. 6, 7) ꝛc.

3. Wiesendüngungsversuche von Köster-Rehen.[2]

Ebenfalls auf Moorwiesen ausgeführt. Gegen 0 Phosphorsäure wurde erhalten:

durch	40 Kilo Phosphors. pro ha in Form von	Superphosphat:	8 %	Mehrertrag,
„	34 „ „ „ „ „ „ „	Präcipitat:	**16** „	„
„	80 „ „ „ „ „ „ „	Thomasschlacke:	**7** „	„ .

Den Forderungen 1, 10 und 11 (S. 5, 6, 7) ist nicht Rechnung getragen und die Mehrerträge sind geringer als die Fehlergrenzen der Versuche.

4. Wiesendüngungsversuche von verschiedenen Landwirthen der Rheinprovinz, mitgetheilt von A. Stutzer.[3]

Die Versuche wurden auf nassen Wiesen ausgeführt. Die Düngung bestand aus

einerseits: 50 Kilo Phosphors. pro ha als Superphosphat + 50 Kilo Kali,
andererseits: 100 „ „ „ „ „ Thomasschlacke + 50 „ „

und man erhielt bei diesen Düngungen gegen ungedüngt:

	Superph.	Thomasschlacke.	
Versuch 1.	**54** %	**57** %	Mehrertrag,
„ 2.	**37** „	**58** „	„
„ 6.	**15** „	**31** „	„ .

Es ist nicht zu ersehen, ob und in welchem Maße die Kalidüngung an der Hervorbringung der Mehrerträge mitgewirkt hat. Weßhalb hat man anstatt ungedüngt nicht Kalidüngung zum Vergleich mit der Phosphorsäure + Kalidüngung gegeben? Auch die Forderungen 1, 10 und 11 (S. 5, 6, 7) sind unerfüllt geblieben.

---

[1] Hannov. Land- u. Forstw.-Zeitung. 1886. Nr. 5. — [2] a. a. O. — [3] Zeitschr. des Landw. Vereins für Rheinpreußen. 1886. Nr. 34.

5. Haferdüngungsversuche von Schaumann-Einum.[1]

Gegen 0 Phosphorsäure wurde erhalten:

		Körner.	Stroh.	
bei 70 Kilo Phosphors. pro ha als	Superphosphat:	— 2 %	7 %	Mehrertrag,
„ 70 „ „ „ „ „	Präcipitat:	0 „	7 „	„
„ 70 „ „ „ „ „	Thomasschlacke:	1 „	10 „	„ .

Die Phosphorsäure ist somit unwirksam geblieben.

6. Haferdüngungsversuche auf Rittergut Salleschen.[1]

Niederungsmoor diente als Versuchsboden und die Grunddüngung bestand aus 600 Kilo Kainit pro ha. Gegen 0 Phosphorsäure wurde erhalten:

		Körner.	Stroh.	
1.	durch 60 Kilo Phosphors. pro ha als Präcipitat:	**4** %	**10** %	Mehrertrag,
2.	„ 30 „ „ „ „ „ „ +40 „ „ „ „ als Thomasschl.:	**19** „	— **15** „	„
3.	„ 100 „ „ „ „ „ „	**52** „	**22** „	„ .

Diese seltsamen Resultate sind selbstverständlich ganz unbrauchbar.

7. Haferdüngungsversuche von F. v. Lochow.[2]

400 Kilo Thomasschlacke pro ha ergaben gegen ungedüngt: **30** % Körner und **21** % Stroh als Mehrertrag. Weitere Phosphate wurden nicht verwandt.

8. Haferdüngungsversuche von Plötz.[3]

Die Versuche wurden auf Moorboden (nach Cunrauer Methode besandet) ausgeführt. Grunddüngung: 600 Kilo Kainit pro ha. Durch eine Düngung von 80 Kilo Phosphorsäure pro ha erhielt man gegen 0 Phosphorsäure:

		Körner.	Stroh.
bei Präcipitat:	a.	**86** %	**111** %
	b.	**150** „	**151** „
bei Thomasschlacke:	a.	**121** „	**144** „
	b.	**157** „	**171** „
	c.	**154** „	**152** „ .

Sind diese Versuche aus den unter 10 S. 6 genannten Gründen auch nicht brauchbar, um Aufschluß über den relativen Werth der Thomasschlacke zu geben, so zeigen sie doch, in welch' enorm hohem Maße die Thomasschlacke da wirken kann, wo in Folge von Phosphorsäuremangel ausnehmend geringe Ernten (im vorliegenden Fall nur 5 Ctr. Körner pro Morgen) erzielt wurden.

[1] Fleischer a. a. O. — [2] Mitth. des Ver. zur Förderung der Moorkultur. 1886. Nr. 2. — [3] Zeitschr. des Centralv. f. d. Prov. Sachsen. 1886. Nr. 11.

Je 100 Kilo Thomasschlacken=Phosphorsäure haben bei diesen Versuchen im Mittel einen Mehrertrag von 1937 Kilo Körner und 3960 Kilo Stroh im Werthe von **350** *M* (100 Kilo Körner = 12 *M*, 100 Kilo Stroh = 3 *M* gerechnet) hervorgebracht, während die Düngung nur circa **20** *M* kostete.

9. Haferdüngungsversuche von Fittbogen.[1]

„Schwach humoser Sandboden" diente als Versuchsfeld. Grunddüngung: 20 Kilo Stickstoff pro ha:

Gegen 0 Phosphors. wurde an Mehrertrag (bezw. Minderertrag) erzielt: bei 40 Kilo Phosphors. pro ha in Form von

	Körner.	Stroh.
Mejillonesguano	5 %	— 10 %,
Thomasschlacke	8 „	8 „
Thomaspräcipitat von Fertilitas .	3 „	— 5 „
„ „ Hoyermann	3 „	— 14 „ .

Die Phosphorsäuredüngung hat mithin nicht, bezw. viel zu wenig gewirkt, um irgend welche Schlüsse aus vorstehenden Zahlen ziehen zu können.

10. Haferdüngungsversuche auf Rittergut Weißagk.[2]

Die Versuche wurden auf Niederungsmoor mit 5 Zoll starker Sanddecke ausgeführt. Grunddüngung 600 Kilo Kainit pro ha.

Gegen 0 Phosphorsäure erhielt man bei einer Düngung von

	Körner.	Stroh.	
336 Kilo Superphosphat pro ha:	12 %	16 %	Mehrertrag,
240 „ Präcipitat „ „	1 „	20 „	„
120 „ „ } 300 „ Thomasschlacke } „ „	13 „	22 „	„
600 „ „ „ „	23 „	10 „	„ .

Auch diese Versuche illustriren die große Unzuverlässigkeit der Feldversuche. Wenn Thomasschlacke 23 % Körner, Superphosphat nur 12 % Körner als Mehrertrag erbracht hat — wie kommt es denn, daß das Präcipitat wirkungslos gewesen ist?

11. Haferdüngungsversuche in Kl.-Kienitz.[2]

Wie die vorigen, so wurden auch diese Versuche auf Niederungsmoor ausgeführt.

[1] Der Landbote. 7. Jahrg. Nr. 2. — [2] Fleischer a. a. O.

Gegen ungedüngt[1] ergab die Phosphorsäure- + Kainitdüngung:

	1883. Körner.	1883. Stroh.	1884. Körner.	1884. Stroh.	
bei Superphosphat:	44	46	82	62	Mehrertrag
„ Präcipitat:	— 14	— 10	49	39	„
„ Thomasschlacke:	— 6	0	44	36	„

Das sind wieder recht sonderbare Resultate:

Das Superphosphat hat im Jahre 1883 den Ertrag um die Hälfte gesteigert, während Präcipitat und Schlacke gar nicht gewirkt haben. Meint man doch sonst, das Präcipitat müsse auf Moorboden besser als Superphosphat wirken! Auch im Jahre 1884 hat das Superphosphat fast doppelt so gut gewirkt als die übrigen Phosphate.

12. Kartoffeldüngungsversuche von Böhmer-Böhmerhof.[2]

In Sandboden wurde die Wirkung einer Düngung von 120 Kilo Phosphorsäure pro ha auf Kartoffeln geprüft. Man erhielt gegen ungedüngt durch Phosphorsäure in Form von Präcipitat **153** %, durch Phosphorsäure in Form von Thomasschlacke **143** % Mehrertrag. Der Referent (Dr. Salfeldt) bemerkt hierzu: „Die Resultate dieser Versuche sind zwar sehr günstig für Thomasschlacke, jedoch wegen der großen Zahl von Fehlbüschen und weil das Präcipitat nicht tadellos war, mit Vorbehalt aufzunehmen, bis sie durch anderweite Versuche bestätigt werden.“

13. Kartoffeldüngungsversuche von Fittbogen.[3]

„Schwach lehmiger humoser Sandboden“ diente zu den Versuchen. Die Grunddüngung bestand aus 20 Kilo Stickstoff pro ha.

Gegen 0 Phosphorsäure erhielt man bei einer Düngung von

40 Kilo Phosphors. pro ha in Form von Superphosphat	3 %	Mehrertrag,
40 „ „ „ „ „ „ „ Thomasschlacke	4 „	„
40 „ „ „ „ „ „ „ Thomaspräcipitat von Fertilitas	10 „	„
40 „ „ „ „ „ „ „ Thomaspräcipitat von Hoyermann	12 „	„ .

[1] Die Kainitparzellen hatten weniger als ungedüngt ergeben, deßhalb wurden die Erträge von Phosphorsäure + Kainit mit ungedüngt verglichen, um die Wirkung der Phosphorsäure zu finden! — [2] Hannov. Land- u. Forstw. Zeitung. 1886. Nr. 10. — [3] Der Landbote. 7. Jahrg. Nr. 2.

Bei diesen Versuchen hat die Phosphorsäuredüngung viel zu geringe Mehrerträge geliefert, als daß man irgend einen Schluß aus den erhaltenen Zahlen ziehen könnte.

14. Weizendüngungsversuche von Heine-Emersleben.[1]

Gegen 0 Phosphorsäure wurde erhalten: bei einer Düngung von

40 Kilo Phosphors. pro ha in Form v. Superphosphat 0 % Mehrertrag an Körnern,
40 „ „ „ „ „ „ „ Präcipitat 1 „ „ „ „
40 „ „ „ „ „ „ „ Thomasschlacke 0 „ „ „ „
80 „ „ „ „ „ „ „ „ 4 „ „ „ „ .

Die Phosphorsäuredüngung ist somit vollständig unwirksam gewesen.

Vorstehende Versuche sind diejenigen, welche mir unter den in der Litteratur bekannt gegebenen als die erwähnenswerthesten erschienen sind. Bei den übrigen finden sich entweder gar keine Zahlen angegeben — es haben die betreffenden Landwirthe nur ihre „Zufriedenheit" ꝛc. mit der Wirkung der Thomasschlacke geäußert — oder es sind die Versuche dermaßen unrichtig ausgeführt und unkritisch gedeutet, daß sie in der That keiner weiteren Beachtung verdienen.

Wenn man z. B. — wie mir gerade ein solcher Versuch in die Hand fällt — nach 108 Kilo Schlackenphosphorsäure den gleichen Ertrag an Zuckerrüben erhalten hat als nach 68 Kilo wasserlöslicher Phosphorsäure und daraus, ohne daß eine phosphorsäurefreie Düngung zum Vergleich gegeben wurde, ohne daß man also weiß, ob überhaupt eine Wirkung der Phosphorsäuredüngung stattgefunden hat oder nicht, einfach schließt: „108 Kilo Schlackenphosphorsäure haben also den gleichen Werth als 68 Kilo wasserlösliche Phosphorsäure", so ist das ein Beitrag zur Lösung der Thomasschlackenfrage, den man wohl besser unbenutzt läßt. —

Ueberblicken wir nun die oben aufgeführten Resultate der mit Thomasschlackenmehl angestellten Felddüngungsversuche. Was haben sie ergeben?

Sie haben gezeigt, daß die Thomasschlacke sehr wirksam ist und daß sie mitunter ganz ausnehmend hohe Ertragssteigerungen hervorgebracht hat. Welchen Werth sie aber im Verhältniß zu einem anderen auf dem Düngermarkt bereits eingebürgerten Phosphat, insbesondere also zum Superphosphat, besitzt, was man für sie bezahlen kann, im Verhältniß zu den Superphosphatpreisen: darüber haben die Versuche **nichts** ergeben.

---

[1] Deutsche Landw. Presse. 1886. Nr. 84.

Das darf auch nicht befremden. Schon vor sechs Jahren habe ich in einer Abhandlung im Journal f. Landwirthschaft[1] den Nachweis zu führen gesucht, daß es gar nicht möglich sei, auf dem Wege des Felddüngungsversuchs genaue und zuverlässige Aufschlüsse über derartige Düngungsfragen zu erzielen. Die im Abschnitt 3 von mir aufgestellten Forderungen kann der Feldversuch nicht erfüllen — kann er dies aber nicht, so ist er auch nicht im Stande, Düngungsfragen wie die vorliegende zu lösen. Und daß er letzteres nicht kann, bestätigen die thatsächlich vorliegenden Versuche.

---

5. Was haben „Sandkulturversuche" über den Werth der Thomasschlacke ergeben?

Um zu erfahren, welche Stoffe für das Leben der Pflanze nothwendig sind und welche dagegen entbehrt werden können, hat man die in Blatt, Holz, Frucht und Wurzeln der Pflanzen enthaltenen Stoffe ermittelt, und man hat Pflanzen in Wasser vegetiren lassen, in welchem bald sämmtliche dieser Stoffe aufgelöst waren, bald einer derselben fehlte, um dabei zu prüfen, welchen Einfluß das Fehlen eines Stoffes auf die Entwickelung der Pflanzen hatte. Diese Forschungsmethode hat man „Wasserkulturmethode" genannt.

Eine zweckmäßige Abänderung dieser Methode ist von Prof. Hellriegel vorgenommen worden. Hellriegel ließ die Pflanzenwurzeln nicht in einer Lösung, sondern in vollkommen gereinigtem Quarzsand, der mit Nährstofflösung begossen wurde, vegetiren und nannte diese Methode die „Sandkulturmethode".

Prof. Fittbogen in Dahme hat nun den Fehler gemacht, die Sandkulturmethode zur Lösung praktischer Düngungsfragen zu verwenden. Das ist, wie gesagt, ein Fehler, und derselbe muß hier als solcher klargestellt werden, weil Fittbogens Versuche die Runde durch die landw. Zeitschriften gemacht haben und geeignet sind, eine große Verwirrung anzuregen.

Die Hellriegel'sche Sandkulturmethode kann nur für ein beschränktes Forschungsgebiet Verwendung finden, nur bestimmte physiologische Fragen der Pflanzenernährung können durch sie gelöst werden. Zur Bearbeitung praktischer Düngungsfragen ist sie ihrem ganzen Wesen nach durchaus ungeeignet.

---

[1] Beiträge zur Begründung und Ausbildung einer exakten Methode der Düngungsversuche. Journal f. Landwirthschaft. 1880.

Einem mit Salzsäure ausgezogenen und mit Wasser ausgewaschenen Quarzsand fehlen ja alle für die Wirkung eines Düngemittels in Betracht kommenden Eigenschaften des Kulturbodens, insbesondere das Absorptionsvermögen des Bodens! Wenn Fittbogen z. B. gefunden hat, daß die wasserlösliche Phosphorsäure des sauren Kalkphosphats bei der „Sandkulturmethode" **zwanzigmal** besser wirkte als eine gleich große Menge Phosphorsäure in Form von Kalkpräcipitat, so mag ein solches Resultat für gewisse theoretische Untersuchungen verwendbar sein — für die praktische Frage der Phosphorsäuredüngung aber hat es natürlich keine Bedeutung.

Es ist ja ganz selbstverständlich, daß die wasserlösliche Phosphorsäure in einem Bodenmaterial, welchem man durch Extraktion mittelst Salzsäure alles genommen hat, was die Freibeweglichkeit der Phosphorsäure stören könnte, ganz anders wirken muß als in einem Kulturboden, in welchem — und wäre es der bloße Flugsand — stets so viel Kalk oder Eisenoxyd oder Thonerde enthalten ist, daß die Phosphorsäure „gebunden", „gefällt", „schwerbeweglich" gemacht wird. Ein im Boden freibeweglicher Nährstoff wirkt ja selbstverständlich ganz anders als ein schwerbeweglicher. Der Salpeter bleibt in jedem Kulturboden freibeweglich, deßhalb kommt seine ganze Menge sofort zur Aufnahme und Wirkung — die Phosphorsäure dagegen wird in jedem Kulturboden unbeweglich, deßhalb kommen im ersten Jahre nur ein bis zwei Zehntel von ihr zur Aufnahme und Wirkung; der Rest bleibt im Boden zurück.

Diese Verhältnisse aber darf man doch nicht außer Acht lassen, und man darf für Versuche, welche der Lösung praktischer Düngungsfragen dienen sollen, keinen „Boden" verwenden, wie er in der Natur nirgends vorkommt und der überhaupt gar keine „Bodeneigenschaften" besitzt. Gereinigter Quarzsand ist ja ein gänzlich indifferentes Material.

Ich wundere mich nicht darüber, daß Prof. Fittbogen bei Anwendung der „Sandkulturmethode" die seltsamsten und widersprechendsten Ergebnisse über die Wirkung der Thomasschlacke erhalten hat. Alle Vorgänge der Umsetzung der Nährstoffverbindungen sind ja im Kulturboden anders als in einem chemisch vollkommen unthätigen und den Nährsalzen gegenüber ganz und gar indifferent sich verhaltenden Quarzsand.

Ich will über die Resultate der von Fittbogen ausgeführten Gerstekulturen[1] (in Glasgefäßen, die mit je 4 Kilo Quarzsand gefüllt waren) hier nur kurz die folgenden Angaben machen.

[1] Der Landbote, 7. Jahrgang. Nr. 2. und Mittheilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich. 1886. Nr. 20.

Setzt man den Ertrag, welchen die Düngung mit wasserlöslicher Phosphorsäure (saurem Kalkphosphat) ergeben hat = 100, so ist bei Düngung mit Thomasschlacke erhalten worden:

1) durch die gleiche Menge Phosphorsäure **83** Ertrag,
2) „ „ doppelte „ „ **88** „
3) „ „ dreifache „ „ **90** „

Was sind das für seltsame Resultate! Weßhalb ist denn die doppelte und selbst dreifache Menge Thomasphosphorsäure nicht im Stande gewesen, den durch wasserlösliche Phosphorsäure erzielten Ertrag hervorzubringen, wenn doch schon die einfache Menge Thomasphosphorsäure **83**% dieses Ertrags erreicht hatte?

Und nun kommt noch dazu, daß Prof. Fittbogen im Jahr 1886 bei Wiederholung der Versuche unter den nämlichen Verhältnissen und mit der gleichen Thomasschlacke wiederum ganz andere Resultate erhalten hat. Gegen **100** Ertrag bei wasserlöslicher Phosphorsäure wurde nach einer Düngung mit Thomasschlacke erhalten:

1) durch die gleiche Menge Phosphorsäure: **37** Ertrag,
2) „ „ doppelte „ „ **51** „ .

Bei diesen Versuchen also hat Fittbogen trotz der von ihm hervorgehobenen „Zuverlässigkeit und Exaktheit" seiner Methode gefunden, daß die Thomasschlacke nur **halb** so gut wirkte als bei den früheren Versuchen!

Das geht ja doch nicht. Wie sollen die Landwirthe noch Vertrauen zu wissenschaftlicher Forschung behalten, wenn man ihnen derartige Widersprüche als die Ergebnisse einer „zuverlässigen und exakten Methode" bietet!

Ich hebe nochmals hervor, daß die von Fittbogen angewandte Methode ja an sich eine vollkommen exakte und zuverlässige ist, aber sie ist aus angeführten Gründen absolut unbrauchbar zur Lösung praktischer Düngungsfragen, wenigstens können die durch sie gewonnenen Ergebnisse nicht direkt bezogen werden auf die praktischen Verhältnisse der Bodendüngung.

Gerade hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen Hellriegels „Sandkulturmethode" und der von mir ausgebildeten „Methode wissenschaftlich genauer Düngungsversuche". Ich habe es mir zur Aufgabe gemacht, den Düngungsversuch zu wissenschaftlicher Exaktheit und Zuverlässigkeit zu bringen, um praktisch wichtige Fragen der Düngung lösen zu können, während Hellriegels Methode eine mehr abstrakt wissenschaftliche Methode ist, welche die natürlichen Eigenschaften des Kulturbodens unberücksichtigt läßt und Fragen lösen soll, die zunächst rein theoretischer Natur sind und nicht ohne Weiteres auf die praktischen Verhältnisse des Ackerbaues übertragen werden können.

Ich sah mich genöthigt, dies hier ausdrücklich hervorzuheben, um Irrthümern und unklaren Anschauungen vorzubeugen. Denn daß letztere thatsächlich zu befürchten sind, beweist der folgende Satz aus einer Abhandlung über Thomasschlacke vom Geh. Reg.-Rath Dr. Dünkelberg[1]: „Die bei den Topfversuchen Fittbogens erhaltenen Düngerwerthzahlen stimmen mit denen von Wagner-Darmstadt festgestellten nahezu überein, (? ! !) — ein neuer Beweis für die große Zuverlässigkeit exakter Versuchsanstellung".

Man vergleiche diesen Satz mit meinen obigen Angaben und Ausführungen!

---

6. Was haben die auf der Versuchsstation Darmstadt nach wissenschaftlich genauer Methode ausgeführten Düngungsversuche über den Werth der Thomasschlacke ergeben?

Ich habe hier über eine Reihe von Versuchen Bericht zu erstatten, welche während der letzten drei Jahre von mir unter Mitwirkung der Herren Dr. F. Becker, Dr. R. Dorsch, Dr. O. Dieffenbach und Dr. H. Weller ausgeführt worden sind. Mein Bericht soll möglichst kurz sein; nur die wesentlichsten Zahlen will ich an dieser Stelle geben.

Was zunächst die Ausführung der Versuche betrifft, so verweise ich bezüglich der Grundlagen der von mir angewandten Methode auf die im Abschnitt 3 gegebenen Darlegungen. Wie ich wiederholt hervorgehoben habe, sollen meine Versuche keine theoretisch-wissenschaftlichen Fragen behandeln, sondern sie sollen unmittelbar den Bedürfnissen der Praxis dienen und ihre Resultate sollen auf die praktischen Verhältnisse des Ackerbaues direkt übertragbar sein. Diesen Zweck habe ich bei der Ausbildung meiner Methode stets im Auge gehabt und es ist daher meine Aufgabe gewesen, alle Wachsthumsverhältnisse so zu gestalten, daß sie den in der Natur gegebenen möglichst entsprechen. Es ist demgemäß selbstverständlich, daß zu den Versuchen keine künstliche Bodenmischung, sondern von Aeckern oder Wiesen entnommene Erden dienten, daß ferner die Lagerung des Bodens, der Feuchtigkeitsgehalt 2c. in normale Grenzen eingeschränkt und alle übrigen Verhältnisse so gestaltet wurden, daß vollkommen gesund entwickelte und normal ausgebildete Pflanzen entstanden. Als Versuchsvorrichtungen dienten einestheils die auf S. 11 erwähnten Gefäße, anderntheils die von Zinkblechcylindern umschlossenen Parzellen.

---

[1] Landw. Annalen des mecklenb. patriotischen Vereins. 1886. Nr. 46.

Ueber die in den Jahren 1884 und 1885 angestellten Versuche ist bereits eine kurze Mittheilung in der „Chemischen Industrie“ (Jahrg. 1885. Nr. 12) gemacht worden; auch hier will ich über diese Versuche nur ganz kurz referiren, da die im Jahr 1886 ausgeführten Arbeiten ein weit größeres Interesse bieten als die früheren. Für die ersten Versuche diente ein Thomasschlackenmehl, welches von 100 Theilen nur 51 Theile durch ein Drahtsieb passiren ließ, in welchem Oeffnungen von 0,2 bis 0,24 mm seitlich gemessen und 0,35 bis 0,37 mm diagonal gemessen enthalten waren. Die Versuche wurden auf kalkhaltigem Lehmboden, kalkarmem Sandboden und Kalkboden mit Hafer und Gerste ausgeführt und als Vegetationsgefäße dienten geeignet construirte Zinkbehälter (S. 11), welche 16—18 Kilo Erde faßten. Der Düngungsplan war der folgende.

1. Sämmtliche Gefäße erhielten eine überschüssige Düngung von Kali und Stickstoff, um die Phosphorsäuregaben überall zur vollen Wirkung zu bringen.

2. Je 6 Gefäße blieben ohne Phosphorsäuredüngung.

3. Je 2 × 5 Gefäße erhielten eine steigende Düngung von löslicher Phosphorsäure in Form eines Knochenaschesuperphosphats und zwar eine Phosphorsäuredüngung, welche 40, 55, 70, 85 und 100 Kilo Phosphorsäure pro ha gerechnet betrug.

4. Je 2 × 5 Gefäße erhielten eine in dem gleichen Verhältniß steigende Düngung von gemahlener Thomasschlacke.

5. Alle das Wachsthum der Pflanzen beeinflussenden Momente waren bei sämmtlichen Versuchen auf das sorgfältigste gleichgestellt, so daß die Ertragsdifferenz ausschließlich auf einen Unterschied in der Phosphorsäurewirkung zurückgeführt werden mußte.

6. Alle weiteren Forderungen, welche im Abschnitt 3 S. 4 genannt worden sind, wurden erfüllt.

Die Mittelergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind die folgenden.

Setzt man den durch die wasserlösliche Phosphorsäure erzielten Mehrertrag = 100, so stellt sich der durch die gleiche Menge Thomasschlacken-Phosphorsäure erhaltene Mehrertrag wie folgt:

bei den	Gersteversuchen	auf Sandboden	= 22
„ „	„	„ Kalkboden	= 18
„ „	Haferversuchen	„ Lehmboden	= 18
„ „	Gersteversuchen	„ „	= 20.
		Mittel	19.

Die Wirkung der Thomasschlacke war somit im Vergleich zum Superphosphat eine geringe geblieben. Das Schlackenmehl war zu grob. Laboratoriumsversuche überzeugten mich, daß das in der Thomasschlacke enthaltene

Phosphat leicht zersetzbar ist und daß die Wirksamkeit des Thomasmehls voraussichtlich eine bedeutend größere sein mußte, wenn dasselbe in feinerer Mahlung zur Anwendung gelangte.

Im Jahr 1885 ausgeführte Versuche bestätigten dies vollkommen. Es diente zu denselben ein Schlackenmehl, von welchem 98 % ein 0,2 mm=Sieb passirten und daneben ein grobes Schlackenmehl (Siebrückstand), dessen Körner 0,2 bis 0,4 mm Durchmesser zeigten. Als Versuchsboden wurde Torfboden, Sandboden, Lehmboden und Kalkboden verwandt und als Versuchspflanzen weißer Senf, badischer Mais, sowie eine Mischung von Wiesengräsern. Die sonstigen Versuchsverhältnisse waren die früheren.

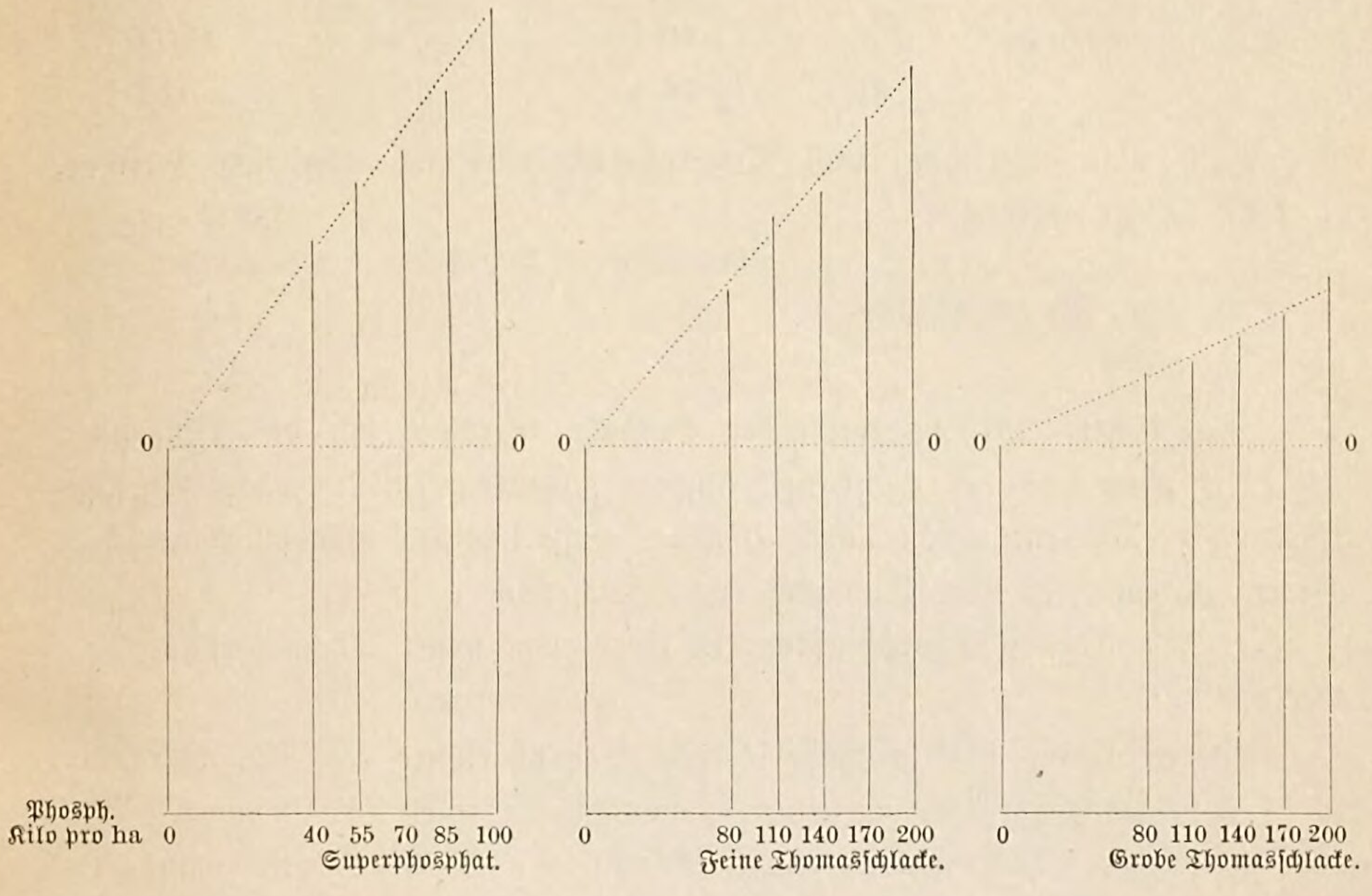
Torfboden und Kalkboden wiesen einen so bedeutenden Gehalt an leicht aufnehmbarer Phosphorsäure auf, daß die durch Superphosphat= und Thomasschlackendüngung erzielten Mehrerträge gering waren. Sie entfernten sich nicht weit genug von den Fehlergrenzen der Methode, weßhalb ich die Versuche verworfen habe. Sehr genaue und zuverlässige Resultate ergaben die mit weißem Senf auf humusarmem Sand (0,6 % kohlensauren Kalk enthaltend) und Lehmboden (2,1 % kohlensauren Kalk enthaltend) ausgeführten Versuche.

Folgende Tabelle enthält die Mittelresultate derselben. Die Anzahl der Parallelversuche betrug bei jeder Phosphorsäuredüngung 3, bei ungedüngt 5.

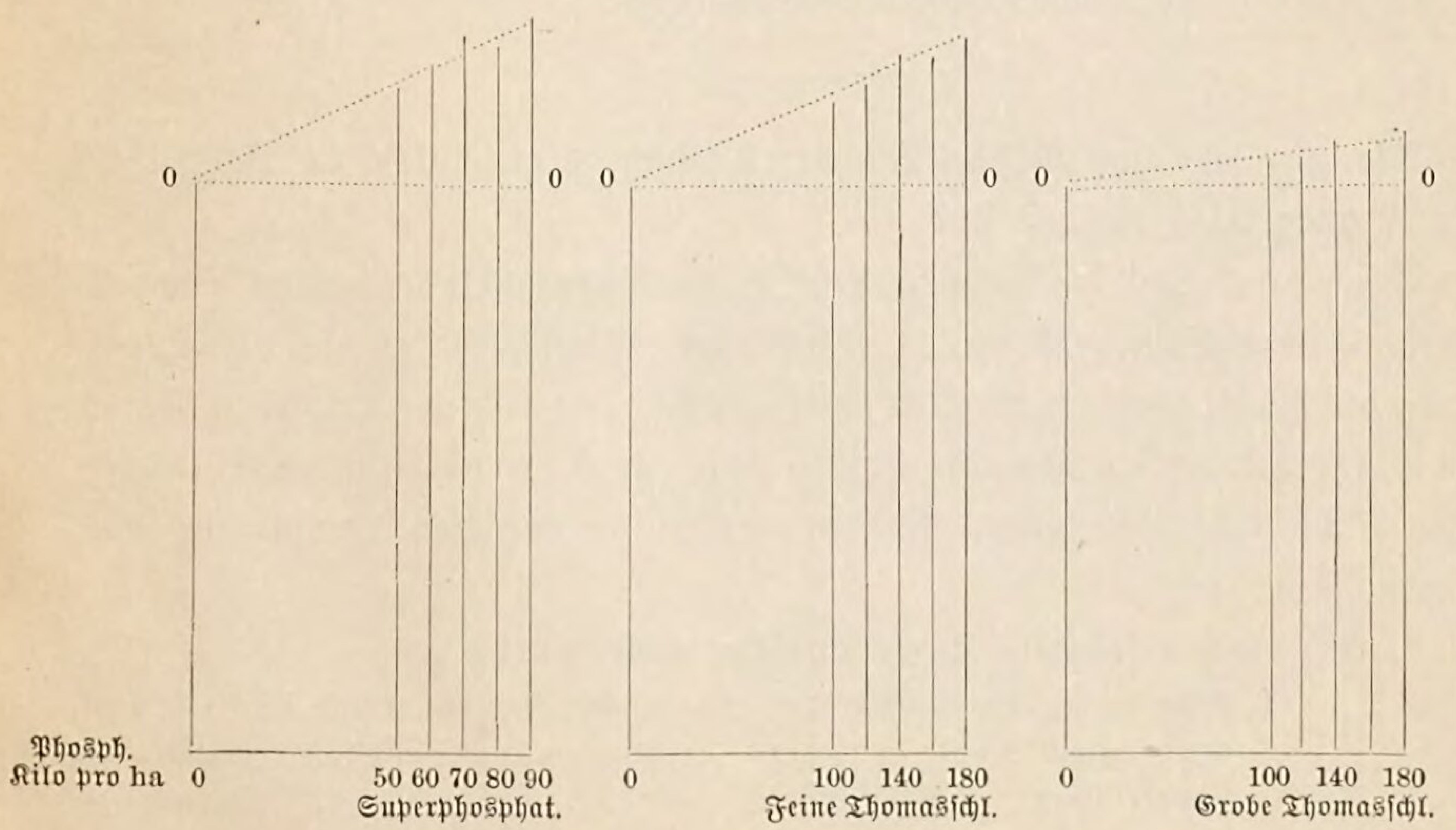
1. Versuche mit weißem Senf in Sandboden.			2. Versuche mit weißem Senf in Lehmboden.		
Die Phosphorsäure gegeben in Form von	Phosphorsäuredüngung pro ha berechnet kg	Erträge an Trockensubstanz g	Die Phosphorsäure gegeben in Form von	Phosphorsäuredüngung pro ha berechnet kg	Erträge an Trockensubstanz g
Superphosphat	40	16,8	Superphosphat	50	173,8
	55	18,7		60	180,7
	70	20,1		70	186,0
	85	22,0		80	187,7
	100	24,4		90	196,0
feiner Thomasschlacke	80	15,7	feiner Thomasschlacke	100	174,5
	110	18,0		120	178,0
	140	18,8		140	182,5
	170	20,9		160	182,0
	200	22,7		180	190,5
grober Thomasschlacke	80	13,4	grober Thomasschlacke	100	158,2
	110	13,6		120	160,4
	140	14,4		140	163,0
	170	15,2		160	164,0
	200	16,2		180	164,8
0	0	11,2	0	0	151,5

Aus der folgenden graphischen Darstellung der Resultate ersieht man, daß mit der gesteigerten Phosphorsäuredüngung auch die Erträge mit großer Regelmäßigkeit in gleichbleibendem Verhältniß sich vermehrt haben, so daß man berechtigt ist, sämmtliche Zahlen zur Mittelberechnung zu verwenden.

Weißer Senf in Sandboden.



Weißer Senf in Lehmboden.



Addirt man die Düngungen und die durch die Düngungen erhaltenen Mehrerträge, so entstehen die folgenden Zahlen:

	Sandboden		Lehmboden	
	Summe der Düngungen Kilo	Summe der Mehrerträge g	Summe der Düngungen Kilo	Summe der Mehrerträge g
Superphosphat	350	**46,0**	350	**166,7**
Feine Thomasschlacke	700	**40,1**	700	**150,0**
Grobe „	700	**16,8**	700	**52,9**

Setzt man nun die durch Superphosphatdüngung erhaltenen Erträge = **100**, so hat ergeben:

	Sandboden	Lehmboden	Mittel aus Sand- u. Lehmboden
die feine Thomasschlacke	49	45	47
die grobe „	20	16	18

Aus diesem Mittelergebniß der Versuche berechnet sich das Folgende:

Um schon beim ersten auf die Düngung folgenden Kulturgewächs diejenige Wirkung zu erzielen, welche durch 1 Theil wasserlöslicher Phosphorsäure hervorgebracht wird, ist eine Düngung erforderlich von:

2,1 Theilen Phosphorsäure in Form von feiner Thomasschlacke,
oder von 5,6 „ „ „ „ „ grober „ .

Wenn mithin 1 Kilo wasserlösliche Phosphorsäure 50 Pfg. kostet, so hat 1 Kilo Phosphorsäure in feiner Thomasschlacke einen Werth von 24 Pfg. und in grober Thomasschlacke einen Werth von 9 Pfg., falls man ausschließlich die sogleich nach der Düngung folgende Wirkung und nicht zugleich die Nachwirkung der Thomasschlacke berücksichtigt.

Ich gehe jetzt zur Mittheilung der Versuche über, welche im Jahr 1886 von uns ausgeführt worden sind.

Wir hatten uns die Aufgabe gestellt, die Düngewirkung der im Thomasschlackenmehl verschiedener Körnung enthaltenen Phosphorsäure mit der Düngewirkung der Phosphorsäure im Superphosphat, im rohen gemahlenen Peruguano, im gedämpften Knochenmehl und im Coprolithenmehl zu vergleichen. Die folgenden kurzen Notizen werden zur weiteren Orientirung über die Versuche dienen.

1. Es wurden folgende Versuchsreihen ausgeführt:

I. Eine Reihe von 46 Einzelversuchen in Gefäßen mit einem 1,9 % kohlens. Kalk enthaltenden sandigen Lehmboden aus Wolfskehlen (Provinz Starkenburg). Versuchspflanze: Gerste.

II. u. III. Zwei Reihen von 46 und 47 Einzelversuchen in Gefäßen mit einem 6,5 % kohlensauren Kalk enthaltenden Lehmboden („Weizenboden") aus Lengfeld (Odenwald). Versuchspflanze: Sommerweizen und Lein.

IV. Eine Reihe von 85 Einzelversuchen in Cylinderparzellen (siehe S. 11) mit einem 31,2 % kohlens. Kalk enthaltenden Lößboden aus Guntersblum (Rheinhessen). Versuchspflanze: Hafer.

2. Als Düngemittel gelangten die folgenden zur Anwendung:

Bezeichnung der Düngemittel.	Feinheitsgrad der Düngemittel[1].				Gehalt d. Düngemittel an		
	Körnung bis zu 0,1 mm. %	Körnung von 0,1 bis 0,2 mm. %	Körnung von 0,2 bis 0,4 mm. %	Körnung von 0,4 bis 1,0 mm. %	wasserlösl. Phosphors. %	Gesammt-Phosphors. %	Stickstoff. %
Superphosphat[2] . .	—	—	—	—	18,74	19,1	—
Roh. Peruguano[2] .	—	—	—	—	—	19,23	4,34
Knochenmehl . . .	20	20	46	14	—	20,43	3,97
Coprolithenmehl . .	100	0	0	0	—	21,71	—
I. Thomasschlacke, feinstgemahlen	100	0	0	0	—	20,35	—
II. Thomasschlacke, feingemahlen	83	17	0	0	—	17,69	—
III. Thomasschlacke, grobgemahlen	0	52	48	0	—	17,69	—

[1] Ich verwandte außer rundgelochten Messingblechsieben von 1,0 und 2,0 mm Oeffnungen die folgenden:

	Seitlich gemessen mm	Diagonal gemessen mm	Mittel aus seitlicher und diagonaler Messung mm
1. Seidenflor Nr. 16 von Ehrhardt & M. in Darmstadt	0,09	0,11	0,10
2. Messingdrahtsieb „Nr. 100 E. (nicht geköpert)" von Amandus Kahl in Hamburg	0,14—0,17	0,22—0,24	0,19
3. Messingdrahtsieb „Nr. 50 E. (nicht geköpert)" von demselben	0,35—0,39	0,45—0,5	0,42

und es wurden mittelst dieser Siebe die folgenden Produkte erhalten:

a. Körnung bis zu 0,1 mm: Das Produkt, welches den Seidenflor passirte.

b. Körnung von 0,1 bis 0,2 mm: Das Produkt, welches das Drahtsieb Nr. 100 passirt hatte, im Seidenflor aber als Rückstand verblieben war.

c. Körnung von 0,2 bis 0,4 mm: Das Produkt, welches das Drahtsieb Nr. 50 passirt hatte, im Drahtsieb Nr. 100 aber als Rückstand verblieben war.

[2] Superphosphat und Peruguano waren durch ein rundgelochtes Sieb von 2,0 mm Oeffnungen gebracht worden.

3. Alle Nährstoffe, mit alleiniger Ausnahme der Phosphorsäure, waren bei sämmtlichen Versuchen im Ueberschuß vorhanden. Kali und Stickstoff wurden in Form von salpetersaurem Kali und salpetersaurem Ammoniak gegeben.

4. Alle im Abschnitt 3 (S. 4) von mir aufgestellten Forderungen wurden bei der Anlage und Ausführung der Versuche befolgt.

5. Die Parzellen wurden nur dann begossen, wenn bei anhaltend trockener Witterung die atmosphärischen Niederschläge nicht ausreichten, um die Pflanzen vor dem Welkwerden zu schützen. Einer jeden Parzelle wurde alsdann eine gleich große Menge Wasser zugefügt.

Die in die Gefäße gefüllte Erde enthielt bei normaler Feuchtigkeit 15 % Wasser. Es wurde, sobald dieser Gehalt auf 10 bis 8 % gesunken war, die Erde mit so viel Wasser begossen, als die Pflanzen bis zur nächsten Wägung des Gefäßes voraussichtlich verbrauchten und als nothwendig war, um eine Verbreitung des zugefügten Wassers durch die gesammte Erdmasse zu bewirken. Mit einem Wiederersatz des verbrauchten Wassers wurde bei jedem Versuch so lange gewartet, bis der Feuchtigkeitsgehalt auf die oben bezeichnete Grenze gesunken war.

6. Die Erntenahme geschah, als die Halmgewächse im Schossen begriffen waren. Beim Lein wurde bis zur beginnenden Samenreife gewartet. Die Feststellung der Düngewirkung der Phosphate nach einerseits halbvollendeter, andererseits ganzvollendeter Vegetationszeit hatte insofern ein Interesse, als dadurch Anhaltspunkte zur Beurtheilung der schneller oder langsamer eintretenden Wirkung der Phosphate gewonnen werden konnten. Ein schneller wirkendes Phosphat wird innerhalb einer kürzeren Vegetationsdauer höhere Ernteresultate liefern als ein langsamer wirkendes, während beide Phosphate vielleicht die gleichen Ergebnisse aufweisen, wenn sie während einer längeren Vegetationszeit auf die Pflanzen wirken können.

Es zeigte sich solches in sehr deutlicher Weise bei der Vegetation des Leins. Das Thomasschlackenmehl I (feinste Mahlung) wirkte bei sämmtlichen Parallelversuchen während der ersten sechs Wochen sichtlich besser als das Mehl II; später schwanden die Unterschiede immer mehr, und wie man aus den Ernteresultaten ersieht, hatten sie sich zur Zeit der Erntenahme so gut wie ganz ausgeglichen.

In der auf Seite 33 gegebenen Tabelle finden sich die angewandten Phosphorsäuredüngungen und die erzielten Ernteresultate der Versuchsreihe I, II und III zusammengestellt.

Die bei der Versuchsreihe IV gewonnenen Zahlen habe ich verworfen, weil in Folge eines zu großen Phosphorsäuregehaltes des Bodens die durch

Düngemittel.	Phosphorsäuredüngung pro ha gerechnet in Kilo.	Erträge an Trockensubstanz.					
		I. Gerste.		II. Weizen.		III. Lein.	
		Erträge der Parallelversuche. g	Mittel der Parallelversuche. g	Erträge der Parallelversuche. g	Mittel der Parallelversuche. g	Erträge der Parallelversuche. g	Mittel der Parallelversuche. g
—	0	11,01	**11,4**	6,90	**6,5**	18,63	**20,1**
	"	11,31		6,12		19,35	
	"	11,50		6,11		21,04	
	"	11,62		7,01		19,63	
	"	—		—		21,73	
Superphosphat	50	23,87	**24,5**	19,31	**19,5**	59,36	**57,4**
	"	24,45		18,78		55,61	
	"	25,30		20,47		57,14	
	75	28,06	**29,1**	26,76	**25,8**	67,52	**68,3**
	"	30,04		25,25		66,73	
	"	29,33		25,42		70,62	
Roher Peruguano	100	20,12	**20,1**	14,04	**14,0**	43,26	**43,9**
	"	20,41		13,64		41,76	
	"	19,83		14,43		46,79	
	150	21,61	**22,6**	18,80	**17,8**	53,96	**54,3**
	"	23,12		17,13		55,14	
	"	22,97		17,57		53,79	
Gedämpftes Knochenmehl	150	15,83	**15,2**	10,53	**9,7**	30,44	**31,6**
	"	14,93		9,13		33,38	
	"	14,75		9,36		30,83	
	200	17,51	**17,2**	12,49	**11,9**	34,15	**35,2**
	"	16,72		10,82		36,18	
	"	17,36		12,27		35,20	
Coprolithenmehl.	150	14,83	**14,8**	9,94	**9,9**	29,03	**30,0**
	"	15,06		10,08		29,78	
	"	14,58		9,58		31,11	
	200	15,47	**15,6**	12,49	**11,3**	35,12	**35,7**
	"	16,01		11,06		35,12	
	"	15,41		10,35		36,98	
I. Thomasschlackenmehl, feinstgemahlen	100	28,10	**28,5**	21,09	**22,4**	65,33	**62,8**
	"	29,20		24,00		61,53	
	"	28,30		22,25		61,46	
	150	29,54	**29,4**	25,55	**25,8**	68,26	**69,6**
	"	30,03		26,14		70,13	
	"	28,70		25,80		70,46	
II. Thomasschlackenmehl, feingemahlen	100	26,21	**26,8**	23,06	**22,5**	59,72	**61,5**
	"	28,00		21,09		60,84	
	"	26,20		23,45		64,00	
	150	29,02	**29,5**	24,92	**25,4**	71,68	**71,6**
	"	30,41		25,95		72,61	
	"	29,10		25,22		70,53	
III. Thomasschlackenmehl, grobgemahlen	200	17,80	**18,0**	12,92	**12,6**	44,14	**44,2**
	"	18,10		13,00		44,73	
	"	18,02		11,97		43,75	
	300	21,41	**20,9**	17,51	**16,6**	52,22	**52,5**
	"	20,20		16,21		52,27	
	"	21,02		16,07		52,99	

die Phosphate hervorgebrachten Mehrerträge nicht groß genug waren, um hinreichend genaue Ergebnisse zu liefern.

Die Versuchsreihen I bis III dagegen haben sehr bedeutende Mehrerträge nach Phosphorsäuredüngung ergeben, und wie man aus der Tabelle ersieht, stimmen die Resultate der Parallelversuche sehr zufriedenstellend unter einander überein, so daß sie ohne Ausnahme zur Mittelberechnung benutzt werden können.

Um einen recht deutlichen Ueberblick über die Resultate zu geben, habe ich auf der lithographischen Tafel II, welche dieser Schrift angehängt ist, die Höhe der Erträge der Versuchsreihe II und III in Linien dargestellt[1]. Linien von entsprechend verschiedener Länge überblickt man viel schneller und bequemer als Zahlenreihen.

Die Darstellung auf Tafel II wird wohl ohne weitere Erläuterung verständlich sein. Die senkrechten Linien geben die Erträge der Einzelversuche an, die roth gedruckten Horizontallinien das Mittel derselben. Die Erträge von ungedüngt (phosphorsäurefreie Düngung) sind in rother Farbe gegeben und das Mittel von ungedüngt durchschneidet sämmtliche Erträge in einer rothen Horizontallinie, wodurch es dem Auge leicht wird, die Größe der Mehrerträge sofort zu erkennen.

Vergleicht man die Tafel II mit der Tafel I, so ergiebt sich auf den ersten Blick die größere Zuverlässigkeit des mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln ausgeführten Düngungsversuchs gegenüber dem wenn auch wohlgeplanten und sorgfältigst ausgeführten Feldversuch. —

Es ist jetzt Aufgabe, die aus den mitgetheilten Zahlen sich ergebenden Wirkungen der verschiedenen Düngephosphate unter einander, bezw. mit der Wirkung des Superphosphats zu vergleichen und wir haben zunächst zu prüfen, welche der Mittelerträge zu solchem Vergleich herangezogen werden können.

Aus meinen früheren Arbeiten hat sich ergeben, daß der durch Phosphorsäuredüngung entstehende Mehrertrag so lange in gleichbleibendem Verhältniß mit einer gesteigerten Düngung zunimmt, als alle übrigen Wachsthumsfaktoren im Ueberschuß vorhanden sind, und ich habe auf S. 7 ausgeführt, daß wir in diesem Gesetz ein Mittel besitzen, um die Resultate von Düngungsversuchen auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen. Daß die Erträge der gleichartig gedüngten Parzellen („Parallelparzellen") unter einander übereinstimmen, ist nicht genug, die Versuche können trotzdem ganz und gar unbrauchbar sein. Erst dann sind die Mittelergebnisse als brauchbar zur Schlußfolgerung an=

---

[1] Je 1 Millimeter drückt bei der Versuchsreihe III (Lein) 1 Gramm Ertrag, bei der Versuchsreihe II (Weizen) 1/3 Gramm Ertrag aus.

zusehen, wenn der Nachweis geliefert ist, daß die betreffende Düngung **ungehindert** zur Wirkung gekommen ist, und dies prüft man auf Grund des obigen Gesetzes. Ist die Düngung sowohl bei der schwächeren als auch bei der stärkeren Phosphorsäuregabe ungehindert zur Wirkung gekommen, so muß die stärkere Gabe den Ertrag genau um so viel vermehrt haben, als die gleiche Phosphorsäuremenge der schwächeren Düngung ihn gegen ungedüngt vermehrt hat und ich habe deßhalb die Forderung aufgestellt:

„Man ziehe die erhaltenen Resultate nur soweit zum Vergleich, als die Zunahme des Mehrertrags mit der steigenden Düngung gleichen Schritt gehalten hat.“

Ob letzteres bei unseren Versuchen stattgefunden hat oder nicht, müssen wir also prüfen.

Schon ein Blick auf die graphische Darstellung der Tafel II giebt uns hierüber Aufschluß. Die stärkere Düngung (75 und 150 Kilo) bei Superphosphat, Thomasschlacke I und Thomasschlacke II hat zwar auch eine regelmäßige Steigerung der Erträge gegenüber den schwächeren Gaben der genannten Phosphate bewirkt, aber es ist die Steigerung durchschnittlich geringer gewesen, als sie es hätte sein müssen, wenn die Düngung zu voller Wirkung gekommen wäre.

Eine Rechnung ergiebt dies klar. Addirt man die entsprechenden Erträge der drei Versuchsreihen, so hat die stärkere Düngung bei Superphosphat, Thomasschlacke I und Thomasschlacke II 123, 125 und 126 Gramm Mehrertrag ergeben, während der Rechnung nach 133, 151 und 147 Gramm hätten erhalten werden müssen. Bei den übrigen Düngemitteln dagegen hat die stärkere Gabe den Ertrag in demselben Verhältniß gesteigert wie die schwächere, denn Guano, Knochenmehl, Coprolithen und grobe Thomasschlacke haben bei der stärkeren Düngung:

95, 64, 63 und 90 Gramm

ergeben, während der Rechnung nach

98, 63, 62 und 93 „

hätten erhalten werden müssen.

Auch hieraus ersieht man wieder, wie scharf und zuverlässig die Resultate der Methode sind: 123 bis 126 Gramm stellten den unter den gegebenen Verhältnissen höchstmöglichen Ertrag dar, und nur diejenigen Düngungen konnten ungehindert zur Wirkung kommen, welche weniger producirten als bis zu dieser Grenze. Die Wirkung der Guano-, Knochenmehl-, Coprolithen- und Thomasmehl III-Düngung lag überall unter der genannten Grenze, daher kamen auch die stärkeren Gaben dieser Phosphate zur vollen Wirkung — bei Superphosphat und Thomasschlacke I und II dagegen reichte die Wirkung der

stärkeren Düngungen über jene Grenze hinaus und es konnte bei diesen Phosphaten nur der die Grenze bildende Ertrag erreicht werden.

Somit haben die Zahlen der obigen Tabelle die Prüfung bestanden. Wir schließen die Erträge der stärkeren Gaben des Superphosphats, der Thomasschlacke I und II aus und verwenden nur die absolut zuverlässigen Mittelergebnisse der schwächeren Gaben dieser Phosphate, während bei den übrigen Düngemitteln auch die Resultate der stärkeren Gaben zur Verwendung kommen.

Setzen wir nun die Mittelerträge von Superphosphat = **100**, so erhalten wir für die Düngewirkung der übrigen Phosphate die folgenden Werthe:

	Versuchsreihe I **Gerste**		Versuchsreihe II **Weizen**		Versuchsreihe III **Lein**		Gesammt-Mittel aus allen Versuchsreihen und Düngungen.
	schwächere Düngung	stärkere Düngung	schwächere Düngung	stärkere Düngung	schwächere Düngung	stärkere Düngung	
Superphosphat . .	100	—	100	—	100	—	**100**
Roh. Peruguano . .	33	28	29	29	32	31	**30**
Knochenmehl . . .	10	11	8	10	10	10	**10**
Coprolithenmehl . .	9	8	9	9	9	10	**9**
Thomasschlacke I, feinstgemahlen	65		61	—	57		**61**
Thomasschlacke II, feingemahlen	59	—	61	—	55		**58**
Thomasschlacke III, grobgemahlen	13	11	12	13	16	15	**13**

Die Resultate weisen eine überraschend genaue Uebereinstimmung auf. Ob Gerste, Weizen oder Lein als Versuchspflanze diente; ob ein sandiger Lehmboden von 1,9 % kohlensaurem Kalk oder ein schwererer Lehmboden (Weizenboden) von 6,5 % kohlensaurem Kalk verwendet wurde — die Wirkung der verschiedenen Phosphate ist unter allen Verhältnissen die gleiche geblieben.

Um zu zeigen, mit welch' großer Schärfe auch schon während der Vegetation der Pflanzen die Uebereinstimmung unter den Parallelversuchen und die Regelmäßigkeit in der unterschiedlichen Düngewirkung der Phosphate mit dem Auge erkennbar wird, habe ich einige der Gefäße der Versuchsreihen II und III (Lein und Sommerweizen) photographisch aufnehmen und durch Lichtdruck wiedergeben lassen. Die Bilder finden sich auf Tafel III dieser Schrift angehängt.

Zunächst fällt die große Uebereinstimmung unter den Parallelversuchen (0 und 0, S 50 und S 50 u. s. w.) in die Augen. Vergleicht man sodann die Leinversuche K 200 (200 Kilo Phosphorsäure in Form von Knochen-

mehl pro ha) und die Versuche TG 200 (200 Kilo Phosphorsäure in Form von grobgemahlener Thomasschlacke pro ha) mit den entsprechenden Weizenversuchen, so erkennt man leicht, daß das Wirkungsverhältniß beider Düngemittel beim Weizen dasselbe war wie beim Lein. Das Gleiche ist bei den Versuchen S 50 (50 Kilo wasserlösliche Phosphorsäure pro ha in Form von Superphosphat) und TF 100 (100 Kilo Phosphorsäure pro ha in Form von feingemahlener Thomasschlacke) der Fall. Wie unsere Mittelberechnungen es ergeben haben, verhält sich der Mehrertrag von 50 Kilo Superphosphat-Phosphorsäure zum Mehrertrag von 100 Kilo Thomasschlacken-Phosphorsäure wie 100 zu 120, dies Werthverhältniß aber erkennt man leicht schon beim bloßen Anblick der Pflanzen; beim Lein sowohl wie beim Sommerweizen ist ein entsprechend besserer Stand der mit Thomasschlacke gedüngten Pflanzen gegenüber den Superphosphat-Pflanzen zu bemerken.

Die bei unseren Versuchen erzielten Resultate sind somit vollkommen genau und zuverlässig, sie haben nach allen Richtungen hin eine Prüfung bestanden und ich bin daher berechtigt, sie den Landwirthen als sichere Grundlage für eine Werthberechnung des Thomasschlackenmehls zu bieten.

---

7. Welchen Düngewerth hat die Phosphorsäure der Thomasschlacke im Vergleich zum Superphosphat und anderen Phosphorsäuredüngern, und ist es unter den derzeitigen Superphosphat-Preisen vortheilhaft, Thomasschlackenmehl zu kaufen?

Zur Beantwortung dieser Frage geben die Resultate der im vorigen Abschnitt mitgetheilten Versuche zuverlässige Anhaltspunkte.

Als übereinstimmendes Gesammtergebniß aller mit drei verschiedenen Kulturpflanzen und zwei verschiedenen Bodenarten ausgeführten Versuche haben wir die folgenden Werthzahlen erhalten:

Wenn man den Düngewerth der wasserlöslichen Phosphorsäure im Superphosphat = **100** setzt, so stellt sich der Düngewerth der Phosphorsäure

im rohen Peruguano		auf	**30**,
„ gedämpften Knochenmehl		„	**10**,
„ Coprolithenmehl		„	**9**,
„ Thomasschlackenmehl	I	„	**61**,
„ „	II	„	**58**,
„ „	III	„	**13**.

Diese Werthzahlen beziehen sich

1) auf Düngemittel von demjenigen Feinheitsgrade, wie er den von uns benutzten Düngemitteln eigen war und wie er sich auf S. 31 genau angegeben findet,

2) auf diejenige Wirkung der genannten Düngemittel, wie sie sich unmittelbar nach geschehenem Einbringen in den Boden und während einer dreimonatlichen Vegetationszeit der Pflanzen gezeigt hat,

3) auf Ackerboden von mittlerem Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Betrachten wir jetzt die Werthzahlen.

Zunächst ist es auffallend, daß das gedämpfte Knochenmehl und der rohe Peruguano (siehe dessen Zusammensetzung auf S. 31) so wenig gewirkt haben, oder ich will richtiger und vorsichtiger sagen: so langsam gewirkt haben. Die Wirkung des Peruguano hat nur 1/3 und die des Knochenmehls nur 1/10 von der Wirkung des Superphosphats betragen, während die feingemahlene Thomasschlacke **zweimal** so gut als die Phosphorsäure im Guano und **sechsmal** so gut als die Phosphorsäure im Knochenmehl gewirkt hat. Dies Ergebniß ist beachtenswerth. Ist es auch möglich, daß Guano und Knochenmehl eine intensivere Wirkung aufweisen, wenn sie längere Zeit im Boden gelegen haben, etwa als Herbstdüngung gegeben worden sind, so halte ich es doch für sehr unwahrscheinlich, daß eine dahin zielende Prüfung ein wesentlich besseres Resultat für diese Düngemittel ergeben wird. Ich habe die oben mitgetheilten Versuchsreihen mit Guano, Knochenmehl, Thomasschlacke 2c. im Herbst dieses Jahres auch auf Cylinderparzellen (S. 11) mit Einsaat von Winterroggen eingeleitet; es wird sich zeigen, ob im nächsten Jahre die Wirkung von Knochenmehl und Guano im Vergleich zum Superphosphat und zur Thomasschlacke eine bessere sein wird, als sie bei den obigen Versuchen sich ergeben hat. Sehr interessant ist es, in welch' ausgeprägtem Maße die unterschiedliche Wirkung der verschiedenen Phosphate schon jetzt an der jungen Roggensaat sich zeigt. Man erkennt mit großer Schärfe und Regelmäßigkeit überall dasselbe Wirkungsverhältniß unter den verschiedenen Phosphaten, wie unsere obigen Zahlen es angeben, und ich werde voraussichtlich im nächsten Jahre in der Lage sein, den Nachweis zu führen, daß man die Phosphorsäure im rohen Peruguano und Knochenmehl bislang viel zu theuer bezahlt hat. In Hessen wird von beiden Düngemitteln — insbesondere vom Guano — wenig gekauft; ich habe die Preise derselben stets als zu theuer hingestellt. In anderen Provinzen urtheilt man anders über den Guano, aber man urtheilt theils auf unzuverlässiger, theils auf unrichtiger Basis. Es läßt sich zur Zeit noch kein Urtheil darüber abgeben, welchen Düngewerth der jetzt in den Handel kommende 20 %ige rohe

Peruguano[1] hat, und ich habe mich deßhalb auch nicht in der Lage gesehen, der Firma „Anglo=Continentale Guano=Werke“ einen Beitrag zu ihrer Gutachtensammlung (im 13. Bericht über Peruanischen Guano 1886) geben zu können. Auch in meiner Broschüre „Einige praktisch=wichtige Düngungsfragen“ habe ich mich bislang nicht über den relativen Düngewerth des Guano und des Knochenmehls ausgesprochen, weil meine darauf bezüglichen Versuche noch nicht abgeschlossen sind und die über diese Frage vorliegenden Feldversuche oder sonst vorhandenen Arbeiten keine Anhaltspunkte geben.

Ich werde an anderem Ort eingehender auf diesen Gegenstand zurückkommen und hebe hier nur noch hervor, daß unsere Versuche ganz zweifellos die Thatsache ergeben haben, daß die feingemahlene Thomasschlacke innerhalb der ersten drei Vegetationsmonate nach eingebrachter Düngung **zweimal** so viel Mehrertrag als die Phosphorsäure im rohen Peruguano und **sechsmal** so viel Mehrertrag als die Phosphorsäure im gedämpften Knochenmehl geliefert hat.

Dies Resultat ist für ein Urtheil über die Bedeutung, welche die Thomasschlacke auf dem Düngermarkt gewinnen wird und welche sie für die Landwirthschaft hat, nicht unwesentlich.

Ich gehe jetzt zu einem Vergleich der Thomasschlacke mit dem Superphosphat über. Die Superphosphat=Phosphorsäure bildet den geeignetsten Maßstab für eine Feststellung des Düngewerthes der in der Thomasschlacke enthaltenen Phosphorsäure. Der Landwirth muß wissen, was er für 1 Kilo Thomasphosphorsäure bezahlen kann, wenn das Kilo löslicher Phosphorsäure im Superphosphat 50 oder 55 oder 60 Pfennige kostet.

Sehen wir uns nun die oben erhaltenen Werthzahlen an.

Wenn der Düngewerth der löslichen Phosphorsäure im Superphosphat = **100** gesetzt wird, so stellt sich der Düngewerth der Phosphorsäure

im Thomasschlackenmehl I auf **61**,
„ „ II „ **59**,
„ „ III „ **13**;

so haben unsere Versuche es ergeben.

Hieraus ersieht man zunächst, daß die Wirkung der Thomasschlacke in hohem Maße von ihrem Feinheitsgrad abhängt. Ich habe dies schon durch

[1] Bei meinen Versuchen verwandte ich einen von der Firma „Anglo=Continentale Guano=Werke“ mir gütigst gesandten rohen Peruguano, der keine weitere Behandlung als die des Mahlens erfahren hatte. Es ist dies hervorzuheben, weil der zur Zeit in den Handel kommende „rohe“ Peruguano einen geringen, die Bindung des Ammoniaks bezweckenden Zusatz von Schwefelsäure erhält, und da dieser Zusatz auf einen Theil der im Guano enthaltenen Phosphorsäure aufschließend wirkt, so sind die obigen Resultate auf die Düngewirkung der jetzt in den Handel kommenden Waare nicht direkt übertragbar.

frühere Versuche nachgewiesen und wiederholt darauf aufmerksam gemacht. Es befremdet mich daher sehr, daß die Consumenten immer noch so wenig Gewicht auf den Feinheitsgrad des angekauften Schlackenmehls legen und daß man in den Berichten über Düngungsversuche mit Thomasschlacke fast niemals eine Angabe darüber findet, von welchem Feinheitsgrad das zur Verwendung gekommene Mehl gewesen ist.

Es ist ja doch nicht gleichgültig, ob man ein Mehl verwendet, welches im 0,2 mm-Sieb nur 2 % Rückstand hinterläßt, oder ein Mehl, welches 48 % hinterläßt! Innerhalb dieser Grenzen schwankten thatsächlich die auf der Versuchsstation Darmstadt während des letzten Jahres zur Untersuchung gekommenen Proben von Thomasmehl. Und ferner ist es doch auch nicht gleichgültig, von welcher Beschaffenheit der „präcipitirte phosphorsaure Kalk" oder das „Thomaspräcipitat" gewesen ist, welches man gewöhnlich bei Düngungsversuchen verwandt hat, um die Wirkung der Thomasschlacke damit zu vergleichen. Auf S. 94 meiner oben erwähnten Broschüre (6. Aufl.) habe ich angegeben, daß in den auf der Versuchsstation Darmstadt zur Untersuchung gekommenen Präcipitaten von 100 Theilen Gesammt-Phosphorsäure bald 91 Theile, bald nur 42 Theile löslich in Ammoncitrat waren und Prof. Fittbogen giebt gar an, daß er ein Präcipitat zu Versuchen verwandt hat, welches von 100 Theilen Phosphorsäure nur 22 Theile in Ammoncitrat lösliche enthielt. Nun aber findet man in den Berichten über Düngungsversuche in der Regel nichts weiter angegeben als schlechtweg „Thomasschlacke" und „Präcipitat", — über den Feinheitsgrad der ersteren und den Löslichkeitsgrad des letzteren keine Notiz. Möchte doch künftig mehr Gewicht darauf gelegt werden!

Ich kehre zu obigen Werthzahlen zurück. Die grobgemahlene Thomasschlacke, welche zur Hälfte aus 0,1 bis 0,2 mm-Körnung, zur anderen Hälfte aus 0,2 bis 0,4 mm-Körnung bestand, hat kaum den vierten Theil vom Mehrertrage der beiden feingemahlenen Thomasschlacken geliefert. Das Resultat stimmt sehr gut mit demjenigen überein, welches im Jahre 1885 von uns erhalten wurde. Bei dem damals angewandten etwas feineren Mehl erhielten wir die Werthzahl 18 (gegen 100 für Superphosphat), bei dem diesjährigen etwas gröberen Mehl die Werthzahl 13. Nun aber haben unsere Versuche zugleich auch die Grenze schon annähernd festgestellt, bis zu welcher mit der größeren Feinheit des Mehls die Wirksamkeit der Phosphorsäure eine sich steigernde ist. Die Thomasschlacke I, welche aus einem äußerst feinen, zwischen den Fingern wie Weizenmehl sich anfühlenden Produkt bestand und ein feines Seidenflorsieb von 0,1 mm weiten Oeffnungen ohne Rückstand passirte, hatte nur während der ersten Hälfte der Vegetationsdauer — nur in den ersten sechs Wochen — etwas besser gewirkt als das

Phosphatmehl II. Nach dreimonatlicher Vegetationszeit war das letztere Mehl dem feineren Produkt nachgekommen. Dies Resultat ist von großem praktischen Werth, denn je feiner die Schlacke gemahlen wird, um so theurer stellt sich natürlich das Produkt, und es ist natürlich unrationell, den Feinheitsgrad weiter zu erhöhen, als der Düngewerth dadurch gesteigert wird.

Die Thomasschlacke II, welche aus 83 % 0,1 mm=Mehl und 17 % 0,1 bis 0,2 mm=Mehl bestand, hat den gleichen Mehrertrag ergeben als das aus 100 % 0,1 mm=Mehl bestehende Produkt. Der Kürze und Einfachheit halber will ich hier den Rückstand, der im 0,2 mm=Sieb verbleibt: **„Grobmehl“**, das Produkt dagegen, welches das 0,2 mm=Sieb passirt: **„Feinmehl“** und denjenigen Antheil des Feinmehls, welcher ein 0,1 mm=Sieb passirt: **„Staub“** nennen.

Man kann nun also annehmen, daß mit dem Feinheitsgrade des Produkts II die Grenze der durch Feinmahlung zu steigernden Wirksamkeit des Thomasschlackenmehls erreicht ist und wir gelangen damit zu einer greifbaren und sicheren Grundlage für die Werthberechnung des Thomasschlackenmehls, indem wir sagen:

Ein Thomasschlackenmehl, welches aus rund 4 Theilen 0,1 mm=Mehl und 1 Theil 0,1 bis 0,2 mm=Mehl besteht, oder — einfacher ausgedrückt — ein „Feinmehl“, welches zu 80 % aus „Staub“ besteht, enthält die Phosphorsäure in so leichtlöslicher Form, daß 100 Pfd. desselben schon im ersten Jahr der Düngung die gleiche Wirkung ausüben als 60 Pfd. Superphosphat-Phosphorsäure.

Wesentliche Bedingung ist natürlich dabei, daß der Gehalt von circa 80 % „Staub“ vorhanden sei, denn nicht jedes durch ein 0,2 mm=Sieb gegangene Produkt hat den gleichen Feinheitsgrad. Je gröber die Waare ist, um so geringer ist auch der Gehalt des aus derselben abgesiebten „Feinmehls“ an „Staub“ und um so geringer in Folge dessen die Wirkung. Das „Feinmehl“, welches ich im Jahr 1885 zu meinen Versuchen verwandte, war aus einer Waare abgesiebt, welche unter Anwendung noch unvollkommener Mahlvorrichtungen gewonnen war. Es enthielt nur 50 % „Staub“ und die Wirkung stellte sich in Folge dessen auf die Werthzahl 47 (gegen 100 bei Superphosphat), während das Feinmehl, welches 80 % Staub enthielt, bei unseren diesjährigen Versuchen die Werthzahl 60 ergab.

Nach den Erfahrungen nun, welche mir vorliegen, sind überall die Mahleinrichtungen für Thomasschlacke derart, daß man in der Regel einen Gehalt von 80 % „Staub“ in dem aus der Waare abgesiebten „Feinmehl“ annehmen darf, sobald der Gehalt an „Grobmehl“ (also Rückstand im 0,2 mm=Sieb) nicht mehr als 20 % beträgt.

Nachstehende Resultate einiger aus verschiedenen Bezugsquellen stammenden Thomasmehlproben (d. h. Proben gekaufter Waare) zeigen dies.

Gehalt an Grobmehl %	Gehalt an Feinmehl %	Gehalt des Feinmehls an Staub %
11	89	78
24	76	75
32	68	66
16	84	88
25	75	71
18	82	77
31	69	77
44	56	66
24	76	78
26	74	77
33	67	72.

Und nun gelange ich zum Endresultat meiner Untersuchungen und Prüfungen:

Für gemahlene Thomasschlacke, welche aus

20 Theilen **Grobmehl** (Rückstand im 0,2 mm-Sieb) und

80 „ **Feinmehl** (das 0,2 mm-Sieb passirend)

besteht, und dessen Feinmehl (wie es bei der jetzt in den Handel kommenden Waare als Regel anzunehmen ist) 80 % Staub enthält, berechnet sich im Verhältniß zum Superphosphat gleichen Phosphorsäuregehaltes der folgende Werth:

100 Theile Grobmehl haben im Vergleich zu 100 Theilen Superphosphat den Werth 13, also haben 20 Theile Grobmehl (20 × 0,13) den Werth 2,6

100 Theile Feinmehl haben im Vergleich zu 100 Theilen Superphosphat den Werth 60, also haben 80 Theile Feinmehl (80 × 0,6) den Werth 48,0

zusammen . 50,6.

Setzt man also den Düngewerth der Phosphorsäure im Superphosphat = **100**, so hat die Phosphorsäure im Thomasschlackenmehl (von 20 % Grobmehl und 80 % Feinmehl) einen Düngewerth von rund **50**, das heißt:

2 **Kilo** Thomasschlacken-Phosphorsäure, im Frühjahr in den Acker gebracht, bewirken schon im ersten Sommer nach der Düngung den gleichen Mehrertrag als **1 Kilo** Superphosphat-Phosphorsäure, falls die Thomasschlacke nicht mehr als 20 % Grobmehl enthält.

Damit hat der Landwirth einen bestimmten Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Frage, ob es unter den derzeitigen Superphosphatpreisen vortheilhaft ist, Thomasschlacke zu kaufen oder nicht. In hiesiger Gegend kostet das Kilo löslicher Phosphorsäure im Superphosphat zur Zeit circa 50 Pf., das Kilo Phosphorsäure in der Thomasschlacke 20 Pfennige. Wenn nun also 2 Kilo Thomasphosphorsäure, die nur 40 Pfennig kosten, schon im ersten Sommer das leisten, was 1 Kilo Superphosphat-Phosphorsäure zum Preise von 50 Pfennigen bewirkt; und wenn man weiter erwägt, daß die Nachwirkung der in doppelter Menge in den Boden gebrachten Thomasphosphorsäure auf die zweite und dritte Frucht größer sein wird[1] als die der Superphosphat-Phosphorsäure; und wenn man endlich noch berücksichtigt, daß die Wirkung der Thomasschlacke auf Moorboden und humusreichem Wiesenboden noch größer ist, als dem oben angegebenen Verhältniß zur Superphosphatwirkung entspricht: so darf es wohl als in hohem Grade vortheilhaft erscheinen, Thomasschlacke zu verwenden!

---

8. Steht das Verhalten der Thomasschlacke zu chemischen Lösungsmitteln im Einklang mit ihrer hohen Düngewirkung?

Aus den in den Abschnitten 6 u. 7 mitgetheilten Resultaten hat sich ergeben, daß die feingemahlene Thomasschlacke circa **sechsmal** so gut wirkt als ein mineralisches Phosphat: als das selbst in **staubfeiner** Form in den Boden gebrachte Coprolithenmehl. Was folgt hieraus? Nichts anderes, als daß die Verbindungsform, in welcher die Phosphorsäure in der Thomasschlacke enthalten ist, weit leichter zersetzbar sein muß, weit leichter von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und durch Wasser und Säuren gelöst werden muß als die in mineralischen Phosphaten enthaltene.

In der That bestätigen dies die Versuche, welche man mit Thomasschlackenmehl ausgeführt hat, vollkommen, und die Studien, welche über die Verbindungsform der Thomasschlackenphosphorsäure angestellt worden sind, weisen nach, daß wir es in dem neuen Düngemittel thatsächlich auch mit einer neuen Phosphorsäureverbindung zu thun haben.

Wie bereits im Abschnitt 2 erwähnt, ist in der Thomasschlacke ein phos-

[1] Ueber die Nachwirkung der Thomasphosphorsäure im Verhältniß zum Superphosphat liegen mir die Ergebnisse einiger größerer von uns ausgeführter Versuchsreihen vor, doch kann ich dieselben noch nicht veröffentlichen, weil ihre Uebertragbarkeit auf die praktischen Verhältnisse des Ackerbaues noch nicht zuverlässig genug festgestellt ist.

phorsaurer Kalk enthalten, in welchem je 100 Theile Phosphorsäure mit 160 Theilen Kalk chemisch verbunden sind. Director Hilgenstock hat zuerst auf diese Verbindung aufmerksam gemacht und es ist ihm gelungen, das neue Phosphat, welches aus 4 Atomen Kalk und 1 Atom Phosphorsäure besteht, in reinen, schön ausgebildeten, tafelförmigen Krystallen aus den Schlackenstücken herauszulösen. Dies Phosphat bietet ein hohes Interesse. In keinem anderen Düngemittel ist dasselbe vorhanden und seine Leichtlöslichkeit in verdünnten Säuren oder Salzlösungen steht in vollkommenem Einklang mit der hohen Wirksamkeit der Thomasschlacke, welche durch Düngungsversuche nachgewiesen worden ist.

Feinzerrieben lösen die Krystalle sich leicht in saurem und alkalischem citronensaurem Ammoniak auf; auch verdünnte Säuren, selbst 1%tige Citronensäure, sind im Stande, sämmtliche Phosphorsäure dem Phosphat zu entziehen, während die Einwirkung genannter Lösungsmittel auf mineralische Phosphate eine nur geringe ist.

Aus den zahlreichen in dieser Richtung ausgeführten Versuchen mögen die folgenden Ergebnisse hier kurz angeführt werden.

1. Feingepulverte Thomasschlacke gab nach unseren Versuchen an kohlensaures Wasser **36%** ihrer Phosphorsäure ab, während von Phosphoritmehl unter sonst gleichen Bedingungen nur 8% in Lösung gingen.

2. Eine Lösung von citronensaurem Ammoniak entzog der Thomasschlacke **74%**, dem Phosphoritmehl bei sonst gleicher Behandlung dagegen nur 4% der vorhandenen Phosphorsäure.

3. M. Fleischer[1] brachte durch Kochen mit Essigsäure aus Phosphorit 5%, aus Thomasschlacke **19%** Phosphorsäure in Lösung.

4. H. Albert[3] wies nach, daß bei 14tägiger Einwirkungsdauer von 100 g Torf und 1 Liter Wasser auf 1 g Thomasschlackenmehl nicht weniger als **79%** der im Thomasphosphat enthaltenen Phosphorsäure in Lösung gingen.

5. M. Fleischers[2] Versuche ergaben, daß die Löslichkeit der Thomasphosphorsäure mit der Feinkörnigkeit des Schlackenmehls stieg, mit der Grobkörnigkeit sich verminderte, denn 100 Liter kohlensaures Wasser lösten aus Thomasschlacke von

0,5 — 1,0 mm Korngröße	1,4 g Phosphorsäure,
0,25 — 0,5 „ „	2,6 „ „
unter 0,25 „ „	6,6 „ „ .
und aus dem abgeschlämmten feinsten Theil der Schlacke	7,7 „ „

[1] Die Entphosphorung des Eisens, Berlin 1885. [2] a. a. O. [3] Chemikerzeitung 1887.

Diese Resultate stimmen mit den Ergebnissen der Düngungsversuche vollkommen überein. Sie zeigen, daß die Löslichkeit der im Thomasphosphat enthaltenen Phosphorsäure weit größer ist als die der mineralischen Düngephosphate; sie zeigen, daß mit dem zunehmenden Feinheitsgrade des Thomasphosphatmehls die Löslichkeit sich steigert, wie auch die Düngewirkung sich vermehrt; sie zeigen endlich, in wie hohem Maße kohlensaures Wasser und Humussäure (Torf) lösend auf die Thomasschlacke einwirken, woraus es sich zur Genüge erklärt, daß man bei der Düngung von Moor- und Wiesenboden so ausnehmend günstige Erfolge der Thomasschlackendüngung erzielt hat, auch wenn das Phosphat nur auf die Oberfläche des Bodens gestreut war.

Bedürfen die Resultate der Düngungsversuche also noch einer Bestätigung und Erklärung, so finden sie solche in dem chemischen Verhalten der Thomasschlacke in durchaus befriedigendem Maße.

---

9. Was hat der Consument beim Ankauf von Thomasschlacke zu beachten und wie ist der Feinheitsgrad des Schlackenmehls festzustellen?

Im Abschnitt 7 habe ich nachgewiesen, daß die Thomasschlacke sehr erheblich schneller wirkt als die Phosphorsäure im gedämpften Knochenmehl, schneller sogar als die Phosphorsäure im 20 %igen rohen Peruguano und daß schon 2 Kilo Thomasphosphorsäure als Frühjahrsdüngung ausreichen, um die Wirkung von 1 Kilo Superphosphat-Phosphorsäure auf die erste Frucht nach der Düngung zu erzielen.

Ergiebt sich hieraus und im Vergleich mit den derzeitigen Preisen des Superphosphats, des Knochenmehls und des Peruguano, daß es ungemein vortheilhaft ist, Thomasmehl zu kaufen, so ermahne ich die Landwirthe zugleich aber auch zur Vorsicht beim Ankauf und bitte sie, nicht alles das schlechtweg zu kaufen, was „Thomasschlacke“ heißt.

Zunächst ist es natürlich nothwendig, daß das Schlackenmehl auch wirklich Phosphorsäure enthalte. Diese Bemerkung mag recht überflüssig erscheinen, aber ich bitte die Landwirthe, sie mir nicht übel zu nehmen. Bei der Versuchsstation Darmstadt ging im Juni 1886 eine Probe „Schlackenmehl“ (für Düngungszwecke offerirt) zur Prüfung ein, welche keine nachweisbare Menge von Phosphorsäure enthielt, und im April 1886 erhielten wir eine Probe „Thomasschlacke“, in welcher nur 5 % Phosphorsäure enthalten waren!

Es erscheint daher nicht überflüssig, den Landwirthen dringend anzurathen, keine Thomasschlacke zu kaufen, ohne daß der Händler bindende Garantie für den von ihm anzugebenden Minimalgehalt an Phosphorsäure leistet, und ebenso keine Thomasschlacke auszustreuen, bevor nicht der Gehalt der empfangenen Waare durch chemische Untersuchung einer Mittelprobe derselben festgestellt ist.

Es scheint mir um so nothwendiger zu sein, dies auf das dringendste zu empfehlen, als der Handel mit Thomasmehl vielfach aus dem engeren Kreise des durch Garantieleistung und Controlunterfuchung wohlgeregelten Düngerhandels heraustreten wird. Es werden voraussichtlich viele Kleinhändler sich mit dem Vertrieb von Thomasmehl befassen, die bislang noch nicht mit dem „Düngergeschäft" in Berührung gekommen waren.

Sodann aber ist es ebenfalls nothwendig, daß auch ein bestimmter Feinheitsgrad des Thomasmehls von dem Händler garantirt werde und man denselben durch eine genaue Siebprüfung feststellen lasse.

In dieser Beziehung herrschen zur Zeit recht schlimme Zustände.

Der Handel bietet die Schlacke in gar bedenklich verschiedenen Feinheitsgraden an. Beispielsweise fällt mir soeben eine Annonce aus der Zeitschrift des landw. Vereins für Rheinpreußen Nr. 47 in die Hand, da wird die Thomasschlacke in folgenden Formen angeboten:

1. „Feingemahlen". Wie fein, ist natürlich nicht gesagt.
2. „Gekörnte", in „Linsengröße". Also in **Linsengröße!** Und mit dem Prädikat „vorzüglich zur Herbstdüngung bei allen Pflanzen- und Bodenarten".
3. „Zerfallene gesiebte", überall „mit bestem Erfolg bewährt". Nun ja — dürfte sich nicht auch noch eine 4. Körnung, etwa in Wallnußgröße empfehlen?

Ich glaube es wohl, daß derartige Produkte nicht viel Käufer unter den Landwirthen finden, aber Manchen lockt doch der niedrige Preis der grobkörnigen Schlacke und er läßt sich verleiten. Auch habe ich bisher die Erfahrung gemacht, daß in der Regel die Landwirthe es nicht sehr strenge nehmen mit dem Feinheitsgrad des Thomasmehls und verhältnißmäßig wenig sich veranlaßt sehen, eine Probe der gekauften Waare prüfen zu lassen. Ja, aber die Prüfung — wie sieht es mit der Prüfung aus! Zur Zeit bestimmt ein jedes Laboratorium den Gehalt an „0,25 mm-Mehl" oder „0,2 mm-Mehl" mit einem andern Sieb und die Mechaniker gar suchen auch noch etwas Abwechselung in die Sache zu bringen, indem sie die 0,25 mm-Siebe bald mit weiteren, bald mit engeren Oeffnungen liefern! Eine an hiesiger Versuchsstation geprüfte Thomasmehlprobe hinterließ in einem von mir sorgfältigst genau gestellten rundgelochten 0,25 mm-Sieb 41 % Rückstand. In einem anderen Laboratorium wurden in der gleichen Probe nur 3 % Rückstand constatirt und als man das zu dieser

Prüfung benutzte Sieb — es war dasselbe von einem renommirten Mechaniker bezogen — prüfte, fand man den Durchmesser der Oeffnungen „wechselnd: 0,32, 0,33, 0,36 mm 2c." betragend, auch waren die Oeffnungen „nicht ganz rund", manche elliptisch und die „größte Achse dann größer als 0,36 mm"!

Was sind das für Zustände! Ich mache die folgenden Vorschläge für eine Vereinbarung auf diesem Gebiete.

1. Für die Prüfung des Thomasmehls ist kein rundgelochtes Sieb zu verwenden. Rundgelochte Siebe von $^1/_4$ mm weiten oder noch kleineren Oeffnungen sind mit viel zu großer Schwierigkeit genau herzustellen. Es ist ferner eine äußerst mühevolle Arbeit, sie gründlich zu prüfen, und auch die Sieboperation erfordert unter Anwendung solcher Siebe eine viel zu lange Zeit.

2. Für die Prüfung des Thomasschlackenmehls wird das von Prof. Fleischer in Bremen bereits in Vorschlag gebrachte Messingdrahtsieb „Nr. 100 E. (nicht geköpert)" von Amandus Kahl in Hamburg verwendet. Das Sieb ist sehr genau. Die Oeffnungen betragen seitlich gemessen 0,14 bis 0,17 mm (Mittel 0,15 mm), diagonal gemessen 0,22 bis 0,24 mm (Mittel 0,23 mm). Das Mittel der seitlichen und diagonalen Messung beträgt also 0,19 mm oder rund: **0,2 mm.**

3. Derjenige Theil des Thomasphosphatmehls, welcher das vorgenannte Sieb Nr. 100 von Amandus Kahl passirt, wird „0,2 mm-Mehl" oder besser: **„Feinmehl"**, und der im Sieb verbleibende Rückstand wird **„Grobmehl"** genannt.

4. Das Thomasphosphatmehl wird unter einem bestimmten Minimalgehalt an „Feinmehl" in den Handel gebracht und es wird unter der Bezeichnung „Feinmehl" zugleich verstanden, daß letzteres zu ungefähr $^4/_5$ bezw. 80 % aus Staub besteht.

Unter Staub aber wird derjenige Antheil des Feinmehls verstanden, welcher ein Seidenflorsieb passirt, dessen Oeffnungen seitlich gemessen 0,09 mm, und diagonal gemessen 0,11 mm (Mittel aus seitlicher und diagonaler Messung 0,10 mm) betragen[1].

Mit diesen Vorschlägen, welche ich in der ersten Auflage dieser Schrift gegeben habe, ist gleichzeitig eine Arbeit von Prof. M. Fleischer[2] erschienen, welche über „die Bestimmung des Feinheitsgrades der gemahlenen Thomasschlacke" handelt. Des Näheren auf diese sehr werthvolle Arbeit verweisend, hebe ich hier

---

[1] Ein solcher Seidenflor (Nr. 16) von sehr genauer Arbeit ist bei der Firma Ehrhardt & Metzger in Darmstadt zu haben.

[2] Repertorium f. anal. Chemie. 1886.

nur hervor, daß Fleischer das von ihm auf der Naturforscherversammlung zu Berlin im September 1886 empfohlene und von mir adoptirte Sieb Nr. 100 von Amandus Kahl beibehalten hat. Fleischers Urtheil bezüglich der Verwerflichkeit rundgelochter Blechsiebe deckt sich mit dem meinigen, indem die auf der Moorversuchsstation Bremen ausgeführten Arbeiten es mit vollkommener Zuverlässigkeit erkennen lassen, daß man bei der Anwendung rundgelochter Siebe Resultate erhält, die je nach der Menge der abgewogenen Probe und je nach der Art und der Dauer des Siebens in hohem Maße schwankend sind.

Bei der Anwendung des Messingdrahtsiebes von Kahl hat Fleischer durchaus genaue Resultate erhalten, auch fielen Siebproben, welche mit gleichem Thomasschlackenmehl in Bremen und Darmstadt ausgeführt wurden, vollkommen übereinstimmend aus. Man darf daher erwarten, daß das genannte Drahtsieb überall Annahme finden wird, und es ist erfreulich, daß bereits eine hierauf bezügliche Vereinbarung unter den Hauptrepräsentanten der Thomasschlackenindustrie stattgefunden hat. Auf einer am 29. Dec. 1886 zu Köln stattgehabten Versammlung hat man sich dahin geeinigt, den Landwirthen kein gröberes Schlackenmehl zu offeriren, als ein Produkt, welches ein 1 mm-Sieb bis auf 2 % Rückstand passirt und welches mindestens zu 2/3 aus „Feinmehl“ und höchstens zu 1/3 aus „Grobmehl“ besteht, bezw. welches einen Minimalgehalt von 67 % Feinmehl (ohne Gewährung einer Analysenlatitüde) besitzt. Einen höheren Feinmehlgehalt zu liefern, soll selbstverständlich jeder einzelnen Firma überlassen bleiben.

Unter „Grobmehl“ soll derjenige Antheil des Thomasschlackenmehls verstanden werden, welcher nach 10 Minuten langem Sieben eines Quantums von 50 g Schlackenmehl unter Anwendung eines 35 cm im Durchmesser haltenden, mit Messinggaze Nr. 100 von A. Kahl überspannten Siebes als Rückstand verbleibt. Dieser Rückstand wird gewogen und die Differenz von 50 als „Feinmehl“ bezeichnet. Thomasmehle, welche weniger als 60 % Feinmehl enthalten, sollen dem Lieferanten zur Verfügung gestellt werden dürfen.

Ich bitte nochmals die Landwirthe dringend, kein Thomasschlackenmehl ohne Garantie eines bestimmten Minimalgehaltes an Feinmehl zu kaufen und in einer Probe der gekauften Waare den Feinheitsgrad stets feststellen zu lassen.

10. Kann die Thomasschlacke in Folge ihres Eisengehaltes nachtheilig auf die Pflanzen wirken?

Diese Frage ist eingehender und öfter besprochen worden, als sie es verdient.

Ein Boden, welcher schlechte Untergrundverhältnisse, schlechte Abzugsverhältnisse für Wasser besitzt oder einen hohen Grundwasserstand aufweist, kann bekanntlich sehr ungünstig auf die Pflanzenentwickelung wirken, indem er der atmosphärischen Luft keinen genügenden Eintritt in den Boden gestattet und in Folge dessen den Pflanzenwurzeln unzuträgliche saure Humusverbindungen und Eisenoxydulsalze entstehen. Wird ein solcher Boden drainirt, so verschwinden seine ungünstigen Eigenschaften; der atmosphärische Sauerstoff dringt in den Boden, der Humus wandelt sich in Verbindungen um, die der Pflanze zuträglich sind, und die Eisenoxydulsalze gehen in Eisenoxydsalze über, welche bekanntlich nicht nur unschädlich sind, sondern zu denjenigen Verbindungen gehören, welche die Pflanze zur Ernährung absolut nothwendig hat und ohne welche sie zu Grunde gehen würde.

Nun frage ich so:

Bringt man in einen sauren nassen Boden Thomasschlacke, welche möglicherweise im Stande ist, die 1000 Theile im Boden vorhandenen Eisenoxyduls auf etwa 1001 Theile zu vermehren — wird das Schaden thun? Unmöglich! denn wo schon 1000 Theile Eisenoxydul im Boden vorhanden sind, da kann auch noch 1 Theil hinzutreten, das merken die Pflanzen nicht.

Bringt man nun aber in einen nicht sauren, nicht nassen, sondern normal durchlüfteten Boden, in welchem keine Eisenoxydulsalze enthalten sind, Thomasschlacke — wird sie in diesem Boden schädlich wirken? Sicherlich auch nicht, denn wenn der Boden keine Eisenoxydulsalze enthält, weil eben solche in ihm sich gar nicht bilden und gar nicht bestehen können, so ist es doch wohl nicht gut möglich, daß das Eisen der Thomasschlacke schädlich wirken kann.

Die Furcht vor einem nachtheiligen Einfluß des Eisens in der Thomasschlacke ist eine durchaus unbegründete und hätte eigentlich gar nicht entstehen dürfen.

Aber sie findet sich nun einmal hier und da, und um sie wieder zu vertreiben, ist der thatsächliche Nachweis ihrer Grundlosigkeit immer noch ein besseres Mittel als beruhigende Worte. Ich habe deßhalb im Anschluß an die Versuchsreihe I (Seite 30) einige Gerstedüngungsversuche mit sehr großen Mengen von Thomasschlacke ausgeführt und die folgenden Ernteresultate erhalten.

Phosphorsäuredüngung pro ha berechnet Kilo	Erträge der Einzelversuche g	Mittelerträge g
250	29,13 30,04 28,91	29,4
300	30,00 28,44 29,05	29,2
350	29,41 31,07 29,55	30,0
400	29,11 30,40 28,00	29,2
450	31,14 30,08 29,46	30,2

Die Erträge sind sich also vollkommen gleich geblieben, und irgend ein nachtheiliger Einfluß der so sehr starken Gaben von Thomasschlacke hat auch während der Vegetation der Pflanzen niemals von uns beobachtet werden können.

---

11. Unter welchen Verhältnissen und in welcher Weise ist die Thomasschlacke am vortheilhaftesten zu verwenden?

Zunächst die Frage: Giebt es Bodenarten, deren Eigenschaften einen ganz besonders günstigen Einfluß auf die Wirksamkeit der Thomasschlacke ausüben? Ja, solche Bodenarten giebt es. Es sind dies der Moorboden und der humusreiche Wiesenboden.

Meine oben mitgetheilten Versuche wurden auf Lehmboden („Weizenboden") von mittlerem Kalkgehalt, sowie auf einem kalkärmeren sandigen Lehmboden ausgeführt und sie ergaben übereinstimmend, daß die Thomasschlacke weit schneller als Knochenmehl und Peruguano wirkte und daß 2 Kilo Phosphorsäure in Form von Thomasschlacke ausreichten, um die Wirkung von 1 Kilo Superphosphatphosphorsäure schon bei der ersten auf die Düngung folgenden Frucht und innerhalb einer kurzen Vegetationszeit zu erzielen. Nun haben frühere von mir ausgeführte (oben nicht mitgetheilte) Versuche ergeben, daß in derartigen Böden das weit schwerer lösliche Phosphat: das gemahlene Phosphoritmehl so gut wie gar nicht wirkt, während dasselbe auf Moorböden eine soweit befriedigende

Wirkung äußert, daß seine Anwendung eine rentable ist. Wenn es nun aber feststeht, daß Phosphoritmehl auf Moorboden wirkt, auf Ackerboden aber nicht — der Moorboden mithin eine größere lösende Kraft auf Phosphate ausübt als der Ackerboden: so geht daraus der Schluß hervor, daß auch das Thomasphosphatmehl auf Moorboden verhältnißmäßig noch schneller und intensiver wirksam sein muß als auf Ackerboden und daß es in der That ganz unrationell sein würde, auf Moorboden und humusreichem Wiesenboden einen anderen Phosphorsäuredünger zu verwenden als die Thomasschlacke, welche ja die billigste Phosphorsäurequelle bietet. Es kann nicht dringend genug gerathen werden, Wiesen und Moorböden — falls sie Phosphorsäure bedürfen — mit Thomasschlacke zu düngen, und es giebt eine ungeheure Anzahl von Wiesen, welche der Phosphorsäurezufuhr bedürfen.

Im Allgemeinen sieht es mit der Wiesendüngung schlecht aus. Man führt den Wiesen nicht genug Nährstoffe zu und man düngt sie nicht rationell. Auch das Ueberfahren der Wiesen mit Mistjauche ist in vielen Fällen unrationell. Wirthschaftliche Rücksichten mögen vielfach dazu nöthigen; man wird mit der Mistjauche oft nicht anders zu bleiben wissen; aber es ist gut, wenn man es sich gegenwärtig hält, daß der Stickstoff der Jauche auf Wiesen sich schlecht verwerthet. Kann man die Jauche auf Pferdezahnmais, Futterrunkeln, Raps, Wintergetreide, Obstbaumstücke bringen, so hat man eine bedeutend höhere Verwerthung des in ihr enthaltenen Stickstoffs. Die Wiesen haben die Stickstoffdüngung nicht so nöthig, sie können sich helfen. Bringt man eine Kali- und Phosphorsäuredüngung auf die Wiesen, also eine stickstofffreie Düngung, so paßt sich die Vegetation den Verhältnissen an. Wickenarten, kleeartige Pflanzen fangen alsdann üppig an zu vegetiren, denn diese brauchen keine Stickstoffdüngung, sie decken aus Boden und Luft so leicht ihren Stickstoffbedarf, daß sie gar keinen Mangel leiden. Eine „Graswiese" wandelt sich nach Kali- und Phosphorsäuredüngung großentheils in eine „Wicken- und Kleewiese" um. Näheres hierüber, sowie über ähnliche Düngungsfragen habe ich in meiner kleinen Broschüre („Einige praktisch wichtige Düngungsfragen". Berlin. Paul Parey) dargelegt.

Wo die Wiese nicht an übermäßiger Nässe — aber auch nicht an Wassermangel leidet — da kann man durch Kainitdüngung (etwa 500—600 Kilo pro ha) in Verbindung mit einer Thomasschlackendüngung (etwa 800 Kilo pro ha) oft ganz erstaunlich hohe Mehrerträge hervorbringen.

Sodann hat die Düngung mit Thomasschlacke ganz besonders da eine große Bedeutung, wo es vortheilhaft ist, für eine auf mehrere Jahre hinaus dauernde Wirkung der Phosphorsäuredüngung zu sorgen. Bei der Anlage von Wiesen und Futterfeldern wird das Schlackenmehl — möglichst tief in den

Boden gebracht — ganz vortreffliche Dienste leisten, indem dasselbe es ermöglicht, einen für den Bedarf einer Reihe von Jahren ausreichenden und nicht zu viel Zinsen kostenden Vorrath von Phosphorsäure in den Boden zu bringen, ohne daß — wie es bei entsprechend reichlicher Superphosphatdüngung geschehen würde — die Phosphorsäure im ersten Jahr eine zu starke Wirkung ausübt. Möglicherweise wird man für solche Zwecke mit Vortheil auch ein gröberes und entsprechend billigeres Schlackenmehl verwenden können, d. h. — „möglicherweise". Bestimmteres kann ich heute noch nicht sagen.

Dann auch denke man an Weinberg- und Obstbaumanlagen, überhaupt an alle gartenmäßigen Anlagen, bei welchen ein Ausheben oder Riolen oder sonstiges tiefes Bearbeiten des Bodens geschieht. Man hat hier Gelegenheit, die tieferen Schichten des Bodens mit billiger und wirksamer Phosphorsäure zu bereichern und diese Gelegenheit versäume man nicht. Phosphorsäure in die tieferen Bodenschichten zu bringen ist später nicht mehr möglich, denn die Phosphorsäure verbreitet sich nicht im Boden, sie wird zu stark von Kalk, Eisenoxyd und Thonerde gebunden. Kali geht leichter in den Untergrund und Stickstoff oft nur zu leicht. Welch' großen Werth es aber für die Pflanzenentwickelung hat, wenn auch die Untergrundschichten reich an Nährstoffen sind, brauche ich wohl keinem Landwirth vorzuhalten. Nur darauf will ich noch hinweisen: je tiefer der Nährstoffreichthum des Bodens geht, um so tiefer geht auch das Wurzelnetz, und um so weniger werden die Pflanzen an Feuchtigkeit Mangel leiden, denn es steht ihnen ein um so größeres Wasserreservoir zur Verfügung, je weiter die Wurzeln in den Boden dringen und je mehr sie sich hier verzweigen.

Will man wissen, wie viel Thomasschlacke in die tieferen Bodenschichten zu bringen ist, so glaube ich, daß es sich empfehlen wird, wenn man jede Schicht von $^1/_4$ Meter Mächtigkeit mit etwa 600 Kilo Thomasschlacke pro ha bereichert.

Wo man bei der gewöhnlichen Ackerbestellung die bisherige Superphosphatdüngung ganz oder zum Theil durch Thomasschlacke ersetzen will, bringe man anstatt der üblichen Menge löslicher Phosphorsäure die doppelte Menge an Thomasphosphorsäure in den Boden. Man erhält dadurch zugleich einen Vorrath von Phosphorsäure im Boden, der seine Wirkung auf die später folgenden Früchte ausübt, demgemäß eine Thomasschlackendüngung auch länger vorhält als eine Superphosphatdüngung.

Soll neben der Thomasschlacke schwefelsaures Ammoniak zur Anwendung kommen, so dürfen nicht beide Düngemittel im Gemenge ausgestreut werden, indem der freie Kalk des Schlackenmehls Ammoniak frei machen und

somit einen Stickstoffverlust herbeiführen würde. Mit Chilisalpeter und Kalisalzen kann die Thomasschlacke vermischt werden, ohne daß man Verluste oder Werthverminderungen zu befürchten hat; es bleibt aber zu berücksichtigen, daß solche Mischungen sehr bald zusammenballen und leicht erhärten, sie dürfen daher erst kurz vor dem Gebrauch angefertigt werden. Ein Zusatz von Torfpulver — nur wenige Procente sind dazu erforderlich — hindert das Zusammenballen. Ist die Luft bewegt, so staubt das Schlackenmehl sehr stark beim Ausstreuen und greift in Folge seines Kalkgehaltes die Athmungsorgane an; eine Beimischung von feuchter Erde ist dann zu empfehlen. Noch besser ist die Anwendung einer Düngerstreumaschine.

Bei Düngungen mit Schlackenmehl vergesse man endlich nicht, daß ausschließliche Anwendung von Phosphorsäure nur in den seltensten Fällen eine rentable Wirkung äußert. Eine Beidüngung mit genügenden Mengen von Stickstoff oder Kali, eventuell von beiden Nährstoffen, ist fast immer erforderlich, um die Phosphorsäure — sei sie als Superphosphat- oder als Schlacken-Phosphorsäure gegeben — zur vollen Wirkung zu bringen.

Verlag von **Paul Parey** in **Berlin** SW., Wilhelmstraße 32.

Einige praktisch wichtige

Düngungsfragen

unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse

beantwortet von

Prof. Dr. Paul Wagner,
Vorsteher der landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Sechste veränderte und vermehrte Auflage.

Einzelpreis 1 M. 20 Pf. — 25 Expl. für 17 M. 50 Pf., 50 Expl. für 32 M. 50 Pf., 100 Expl. für 60 M.

Ueber die Vorzüge dieses Schriftchens hat sich die Fachpresse aufs günstigste ausgesprochen.

Die **landwirthschaftlichen Annalen des mecklenburgischen patriotischen Vereins** schreiben:

„Nachdem ich in der vorigen Nummer dieses Blattes den Inhalt einer Schrift von Professor Drechsler über die Theorie der Düngung wiedergegeben, will es mir angebracht erscheinen, gewissermaßen im Anschluß hieran auf eine neue literarische Erscheinung desjenigen unserer Agrikulturchemiker hinzuweisen, dessen berühmt gewordene Düngungsversuche heute einen so unverkennbaren Einfluß auf die gesammte Düngungslehre auszuüben beginnen. Ich meine die unter obigem Titel erschienene Schrift von Professor Dr. Paul Wagner in Darmstadt, die unverkennbar auch zu jenen Drechsler'schen Ausführungen viel Anregung gegeben hat.

In dieser Broschüre, deren Studium ich allen Landwirthen dringend empfehle, bietet Wagner in knapper, leicht faßlicher Darstellungsweise eine Fülle von lehrreichem, hochinteressantem Stoff, eine Düngungslehre, wie die Praxis sie sich trotz des kurzgemessenen Raums instruktiver kaum zu wünschen vermag. Ja man kann sagen, eine Düngungslehre, wie sie in Bezug auf die Winke und Vorschriften für die Anwendung in der Praxis in gleichem Grade der Vervollkommnung vor ihm nicht gegeben werden konnte, weil so manche wichtige Punkte dieses viel durchforschten Gebietes erst durch ihn zu bestimmter Gestaltung gebracht sind. Wagner verbindet in dieser Schrift das bisher Ermittelte und thatsächlich Feststehende mit den Ergebnissen seiner exakten agrikulturchemischen Düngungsversuche, und eben weil diese in vielfacher Beziehung so außerordentlich erfolgreich gewesen waren, konnte er sich über manche Theile der Düngungslehre in einer Klarheit und Bestimmtheit verbreiten, wie sie der Wissenschaft bis dahin noch nicht zu Gebote gestanden hatte."

Zeitschrift des Vereins nassauischer Land- und Forstwirthe:

„Wir hatten schon die erste Auflage dieser Schrift mit größtem Interesse gelesen; denn die Fragen, welche der Verfasser aufstellt, sind für die landwirthschaftliche Praxis von ganz ungewöhnlicher Bedeutung, und gewiß hat sie sich schon jeder denkende Landwirth wiederholt vorgelegt. Die Beantwortung der Fragen ist eine äußerst klare und stützt sich auf zahlreiche Anbauversuche. . . . Wenn die Wissenschaft ihre Schlußfolgerungen aus solchen Grundlagen schöpft, wie es der verehrte Herr Verfasser gethan hat, dann erst wird die Theorie der Praxis jenen werthvollen Dienst leisten, zu welchem sie berufen ist . . ."

Hannover'sche Land- und Forstwirthschaftliche Zeitung:

„ . . . Wir sind überzeugt, daß jeder Landwirth, welcher nach Fortbildung strebt, das kleine Buch nicht unbefriedigt zur Seite legen wird. Wir glauben nicht zu viel zu sagen, wenn wir annehmen, es ist zur Zeit das beste, was dem einfachen Praktiker in Betreff einer kurzen, übersichtlichen Düngerlehre dargeboten wird. Wir wünschen, daß das Buch, in welchem so manche Düngerfrage beantwortet, so manche Anregung zu weiterer Forschung in der eigenen Wirthschaft gegeben wird, künftig im Hause jedes denkenden, vorwärtsstrebenden Landwirths zu finden ist."

Landw. Vereinsblatt der kleineren Landwirthe Mecklenburgs:

„Die Versuche und Untersuchungen des Herrn Prof. Dr. P. Wagner eröffnen bezüglich der Art und Weise der Pflanzenernährung und der auf dieselben einwirkenden Umstände durch die von ihm zuerst durchgeführte neue Methode der Versuchsanstellung viele neue Gesichtspunkte. Es ist interessant, wie manche bisher unerklärte Wahrnehmungen selbstverständlich werden, aber worauf wir besonders hinweisen wollen, ist, daß Wagners sämmtliche Unter-

suchungen in ihren Endzielen auf die Lösung praktisch wichtiger Fragen gerichtet sind und daß die Ergebnisse derselben in vieler Hinsicht eine Richtschnur abgeben für das Verfahren, welches wir bei der Pflanzenernährung — Düngung — inne zu halten haben. . . ."

Schweizerisches Landwirthschaftliches Centralblatt:

„Auf dem Gebiete der Düngerlehre ist uns bis jetzt noch keine Arbeit begegnet, welche die wichtigeren Gesichtspunkte für das Verfahren der Düngung in so anschaulicher und überzeugender Weise und dabei in so gedrängter Form entwickelt, wie die vorliegende. Um den Eindruck, welchen wir aus der Durchsicht der Schrift gewonnen haben, kurz zusammenzufassen: die verdienstliche Seite derselben beruht darin, daß sie den Landwirth in ebenso faßlicher wie gründlicher Anleitung darüber aufklärt, wie wissenschaftliche und praktische Düngungsversuche anzustellen, wie namentlich deren Resultate zu deuten und zu verwerthen sind, und ihn in den Stand setzt, sich eine selbständige Ansicht über eine Reihe zur Zeit lebhaft besprochener Fragen und Aufgaben der Düngung zu bilden und diese nach richtigen Grundsätzen zu betreiben. Von besonderer Wichtigkeit erscheint die Darlegung des Verfassers über die Beziehungen zwischen dem durch die Analyse der Ernten ermittelten specifischen „Nährstoffbedürfniß" und dem specifischen „Düngebedürfniß" der Pflanzen, aus welcher Erörterung der Landwirth erfährt, daß behufs richtiger Beurtheilung dieses Verhältnisses von anderen Erwägungen ausgegangen werden muß, als es seither in der Düngerlehre fast allgemein üblich war. — Wir rathen allen Landwirthen, welche im Gebiet der Düngerlehre nach Befriedigung streben, welche nur eine denkende Auffassung des Gegenstandes gewähren kann, dringend, sich in den Besitz dieses ausgezeichneten Schriftchens zu setzen und dasselbe fleißig zu studiren. . . ."

Thüringische Landwirthschaftliche Zeitschrift:

„Schon mehrmals nahmen wir Gelegenheit, die hervorragenden Verdienste des Verfassers um den Ausbau unserer positiven Kenntnisse über die Wirkungen der wichtigsten Düngerbestandtheile zu würdigen. Der Inhalt der vorliegenden Schrift darf keinem denkenden Landwirth fremd bleiben. Die wichtigsten und schwierigsten Probleme der seitherigen Düngungspraxis sind durch Professor Wagners umfassende und geistreiche Untersuchungen ihrer Lösung um vieles näher gebracht worden. Die Schrift ist sehr populär abgefaßt."

Landwirthschaftliches Wochenblatt für Schleswig-Holstein:

„Das kleine Büchlein des Verfassers, der durch seine langjährige Beschäftigung mit Versuchen über die Wirkung des künstlichen Düngers besonders dazu berufen war, den gewählten Gegenstand zu behandeln, ist so reich und mannigfaltig an Inhalt, daß wir es jedem Landwirth, der sich für die richtige Anwendung des Kunstdüngers interessirt, warm zum Lesen und Studiren empfehlen können. Alle wichtigen Punkte, die bei solcher Anwendung in Ueberlegung kommen, finden hier eine leichtfaßliche und doch sehr gründliche Besprechung. Wenn das Buch auch keine Recepte giebt noch geben will, so enthält es doch auf jeder Seite Winke und Angaben, die sich ohne Schwierigkeit ins Praktische übertragen lassen. Einiges ist nach Form und Inhalt überraschend und neu. . . ."

Zeitschrift des landw. Vereins für Rheinpreußen:

„Schon der Umstand, daß dieses Werk in sehr kurzer Zeit die zweite Auflage erlebt hat, spricht für den hohen Werth desselben. In der That möchte es kaum eine zweite Erscheinung auf dem landwirthschaftlichen Büchermarkt der letzten Jahre geben, welche so sehr geeignet ist, einem allseitig tiefgefühlten Bedürfniß gerecht zu werden als die vorliegende. Die wichtigsten Fragen, welche durch die zahlreichen Forschungen der letzten 5 — 10 Jahre in Fluß gebracht, aber einer definitiven Klärung nicht entgegengeführt worden sind, finden hier eine bestimmte Lösung auf Grund zahlreicher, mit seltener Exacticität durchgeführten eigenen Untersuchungen des Verfassers."

Zeitschrift für die landw. Vereine des Großherzogthums Hessen:

„. . . Die jahrelang fortgesetzten exacten Versuche von Professor Dr. Paul Wagner zeigen, daß der Ernährungsproceß der Culturpflanzen, insoweit dabei die Aufgabe des Landwirths, möglichst hohe Erträge mit einem Minimum an Düngungskosten zu erzielen, in Frage kommt, noch nicht genügend erkannt war, ja daß sogar in maßgebenden Fragen ganz irrthümliche Auffassungen bestanden. Die bisher angewandte Methode der Forschung selbst war mangelhaft und mußte zuerst umgebildet werden. Die in der landwirthschaftlichen Versuchsanstalt zu Darmstadt seit mehreren Jahren nach einer neuen rationellen Methode ausgeführten Versuche ermöglichen es schon jetzt, dem Landmann eine große Anzahl wichtiger Rathschläge zu ertheilen, und es sucht Professor Dr. Wagner in der kleinen Broschüre 29 höchst wichtige Düngungsfragen an der Hand dieser neuesten Forschungsresultate zu beantworten."

Bernische Blätter für Landwirthschaft:

„Eine vortreffliche Schrift, die jedem Landwirth zu großem Nutzen gereichen wird. In ebenso klarer wie leichtfaßlicher Form bietet das kleine Werk eine Fülle des gediegensten Inhalts. . . . . ."

Niederungsmoor

er Damm)

von

und Rimpau

osphat und Thomasschlacke.

1885 (s. Seite 14).

Kilo Phosphors. p. ho
in Form von:

offeln.

1 Millimeter = 30 Kilo Ertrag.

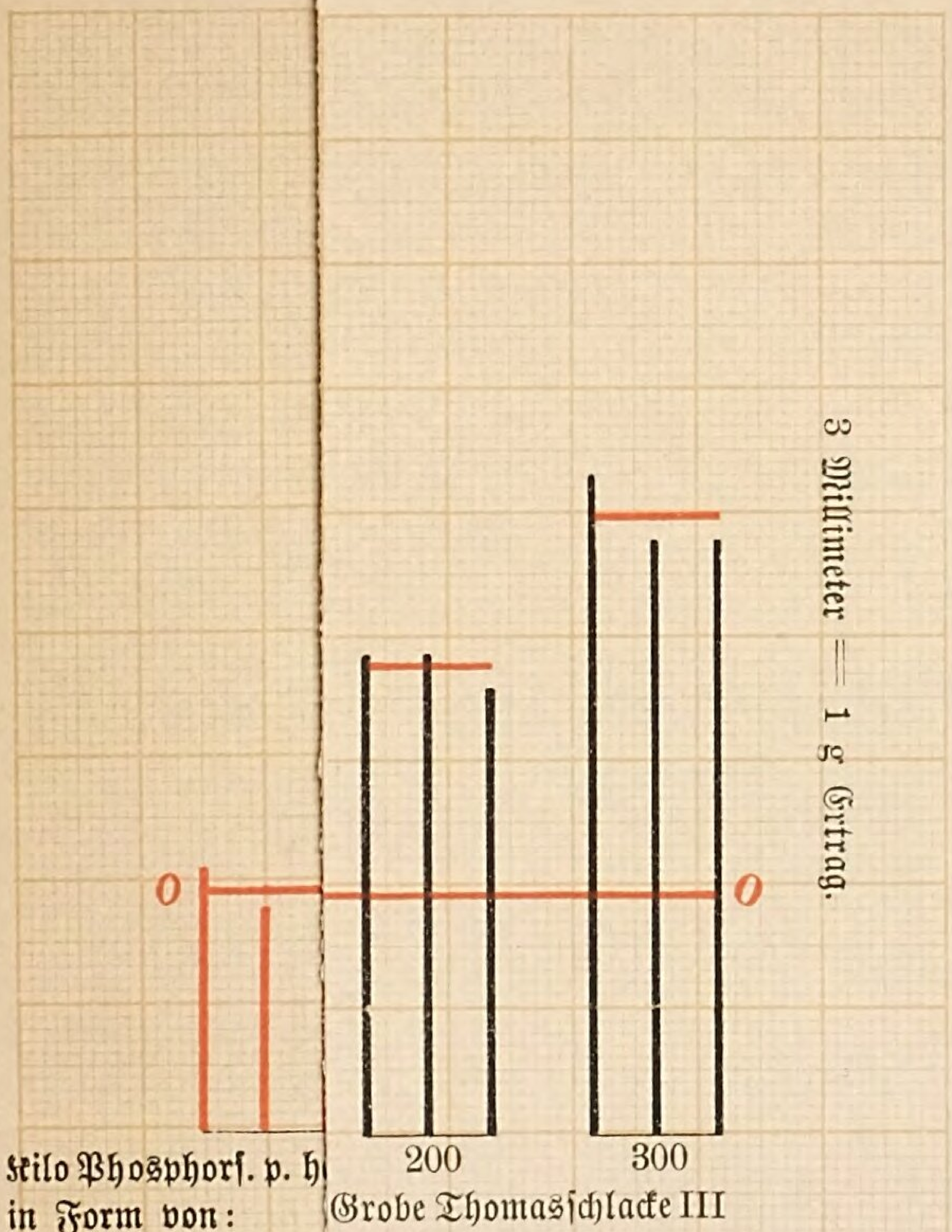
Bei Kartoffeln: 1 Millimeter = 50 Kilo Ertrag.

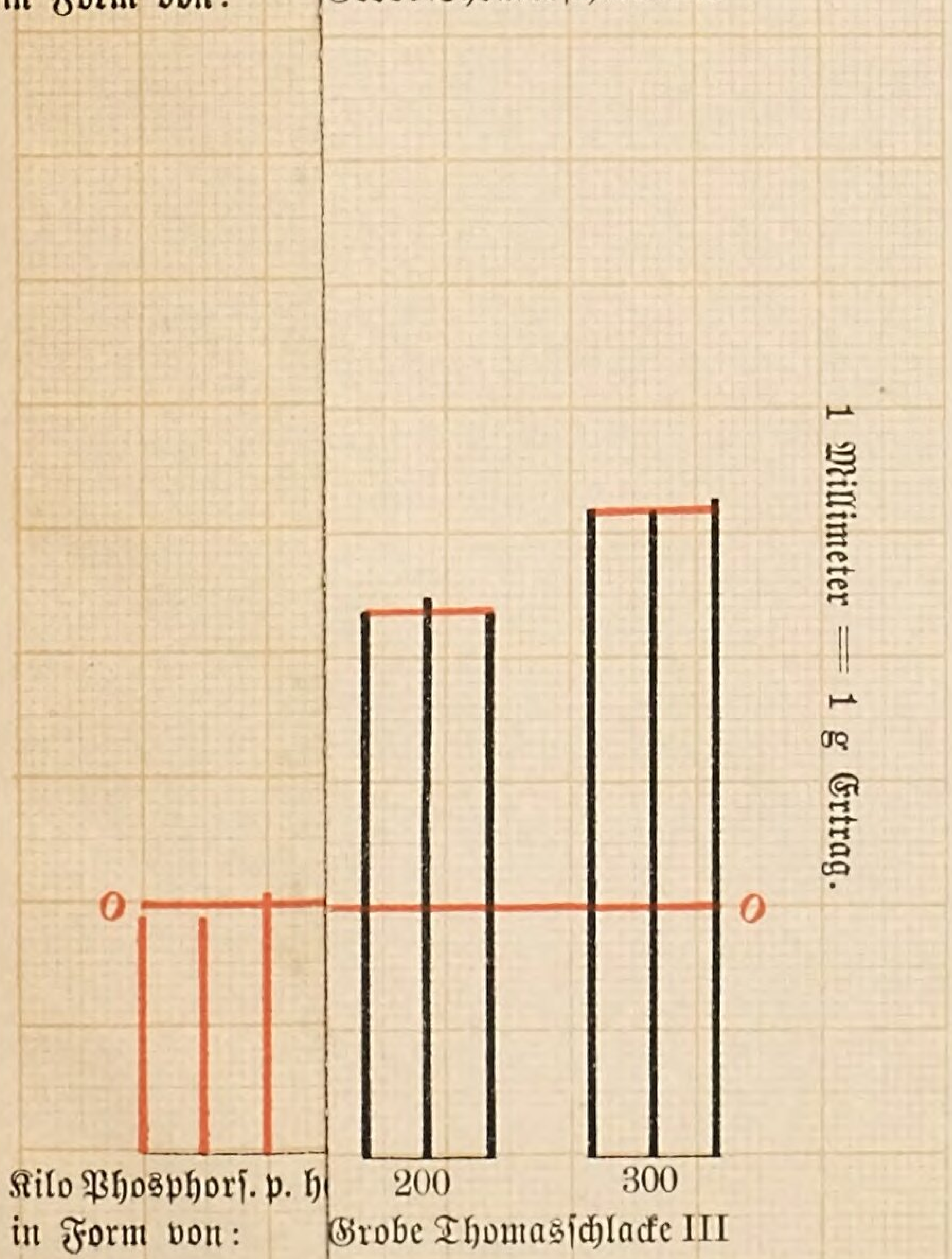


Kilo Phosphors. p.
in Form von:

Lith. H. Hohmann, Darmstadt.

Tafel II.

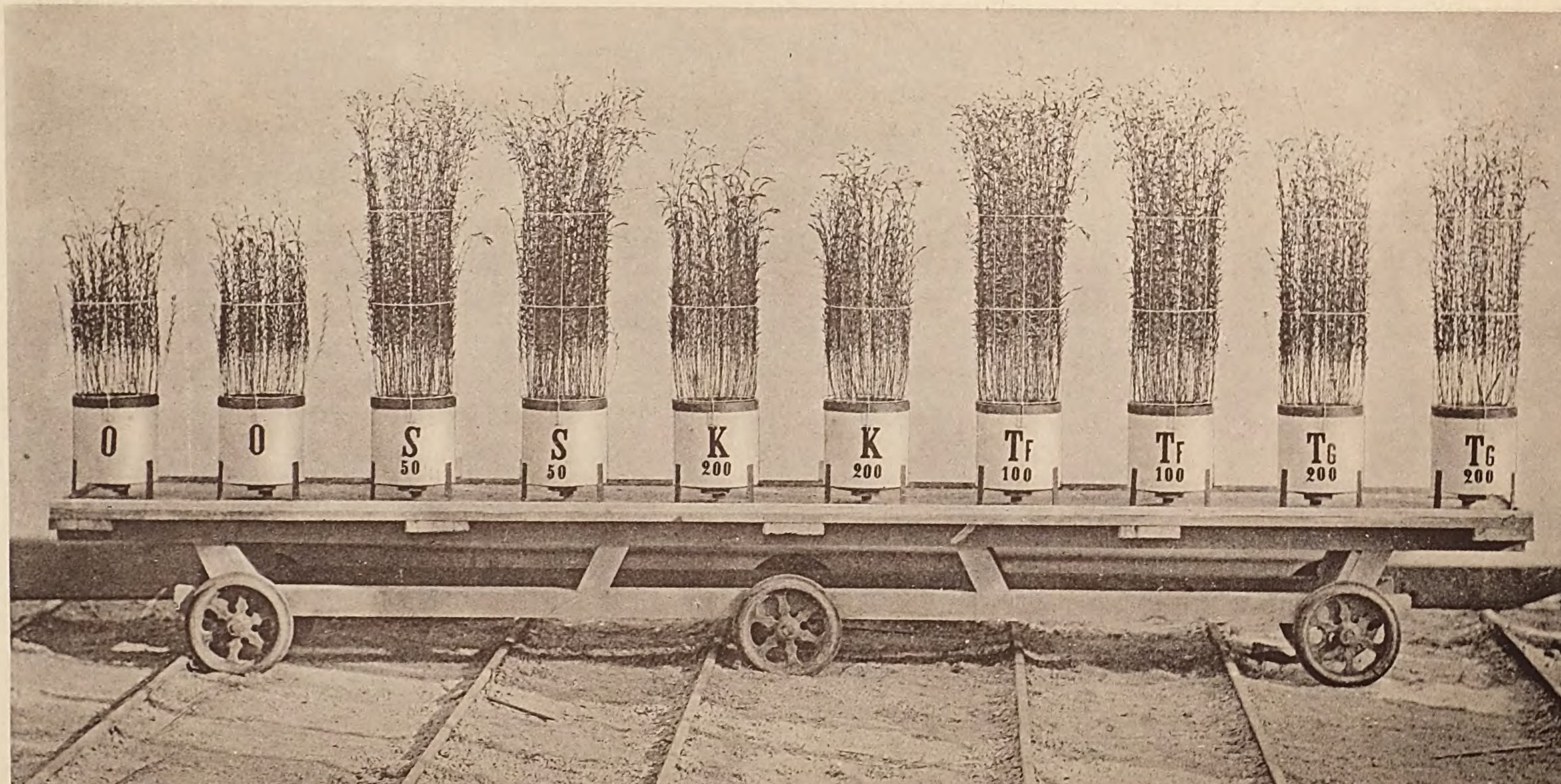




Lith. H. Hohmann, Darmstadt.

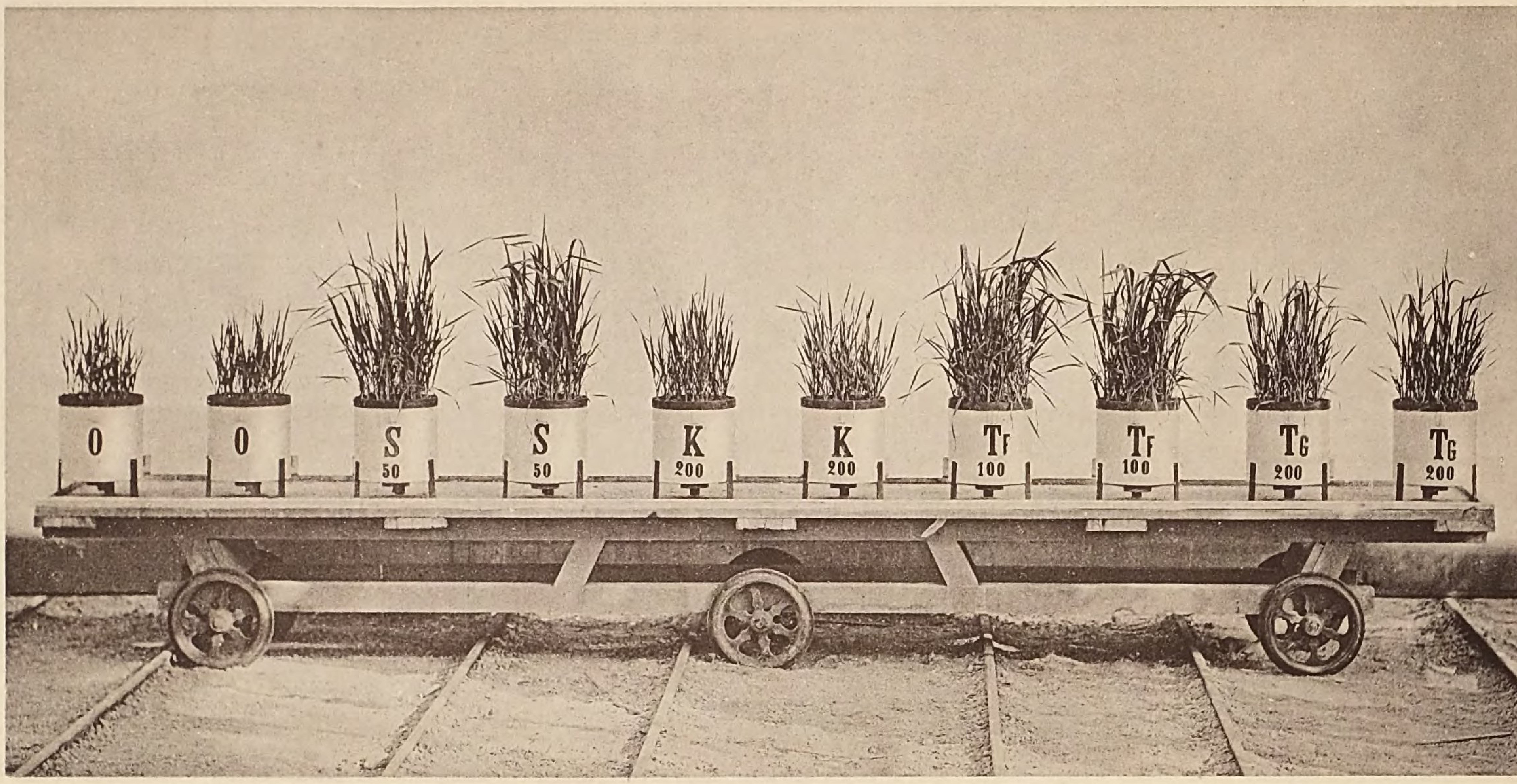
Tafel III.

Photographische Aufnahme einiger Versuche der Reihen **II** u. **III** (s. Seite 30) mit Lein und Sommerweizen in kalkhaltigem Lehmboden.



O	O	S	S	K	K	T_F	T_F	T_G	T_G
		50	50	200	200	100	100	200	200
		pro Hectar		pro Hectar		pro Hectar		pro Hectar	

Ohne Phosphorsäure-düngung.	50 Kilo lösliche **Superphosphat-Phosphorsäure.**	200 Kilo **Knochenmehl-Phosphorsäure.**	100 Kilo Phosphorsäure in **feinem Thomasphosphatmehl.**	200 Kilo Phosphorsäure in **gröblichem Thomasphosphatmehl.**



Wagner, Paul,

Die Thomasschlacke, ihre Bedeutung und Anwendung als Düngemittel

Darmstadt 1887

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11662226-5